

Annina Ruottinen

Sähkökaappien osakokoonpanojen ohjaus päätuotantolinjalle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalouden koulutusohjelma

Insinöörityö

10.6.2016

Tekijä Otsikko	Annina Ruottinen Sähkökaappien osakokoonpanojen ohjaus päätuotantolinjalle
Sivumäärä Aika	43 sivua 10.6.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tuotantotalouden koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Tilaus-toimitusketjujen hallinta ja liiketoiminta
Ohjaajat	Valmistuslinjapäällikkö Niko Kallio Lehtori Harri Hiljanen
<p>Insinööriyössä tutkittiin sähkökaappien osakokoonpanojen ohjausta sähkökaappeja valmistavan tuotantoyksikön päätuotantolinjalle rungon valmistukseen ja loppukokoonpanoon. Osakokoonpanojen valmistus on yksi vaihe lopputuotteen eli sähkökaappien tuotannossa. Sen tarkoitus on palvella tuotannon seuraavien vaiheiden, eli loppukokoonpanon ja rungon valmistuksen, tarpeita. Työssä kartoitettiin uudempaan tuoteperheeseen kuuluvat osakokoonpanot ja selvitettiin niiden ohjauksen nykytilanne. Työn tavoitteena oli löytää ratkaisu, jolla ohjaus tuotantoon kannattaisi toteuttaa.</p> <p>Tutkimuksessa saatiin selville, että osakokoonpanot jakautuvat varioituihin ja vakioihin. Varioituvat osakokoonpanot kannattaa valmistaa suoraan tilaukselle. Niiden rakenne varioituu tilausten mukaan, joten niitä ei voida varastoida. Standardit osakokoonpanot, joiden kulutus on jatkuvaa ja tarpeeksi suurta, voidaan ohjata tuotantoon kanban-imuohjauksen avulla. Työssä tutkittiin standardien osakokoonpanojen menekkiä ja etsittiin sellaiset osakokoonpanot, joiden ohjaus voidaan toteuttaa kanban-menetelmän avulla. Näille osakokoonpanoille määritettiin kanban-järjestelmän edellyttämät imuohjauspuskurit.</p> <p>Työssä luotiin aluksi tietoperusta tutkimusosuudessa käsiteltäville asioille. Tässä kirjallisuuteen pohjautuvassa osuudessa perehdyttiin toiminnanohjaukseen, tuotannonohjausstrategioihin ja Just in time -tuotantoon. Työssä syvennyttiin myös materiaalien hallintaan ja varastointiin sekä materiaalien ohjauksen menetelmiin, jotta osakokoonpanon nykytila ja työssä ehdotetun ohjausratkaisun toiminta olisi paremmin ymmärrettävissä.</p> <p>Työssä tarvittu tietoperusta hankittiin perehtymällä työn aihetta käsittelevään kirjallisuuteen. Lähteenä käytettiin erilaisia teoksia ja artikkeleita. Tutkimustyö tehtiin tutustumalla paikan päällä sähkökaappien tuotantoprosessiin ja osakokoonpanoihin. Tietoja osakokoonpanoista ja niiden menekeistä kerättiin SAP-toiminnanohjausjärjestelmän kautta, ja saatuja tietoja analysoitiin Excelin avulla. Tietoja hankittiin myös haastattelemalla yksikön työntekijöitä.</p> <p>Työssä määritettyjen kanban-imuohjauspuskureiden tason sopivuutta tulee seurata ajan kuluessa, ja määriä voidaan korjata sopivammiksi tarvittaessa. Kun osakokoonpanoja varastoidaan imuohjauspuskuriin, voidaan tasoittaa kysynnän vaihtelun vaikutuksia osakokoonpanojen valmistuksessa ja varmistaa osakokoonpanojen saatavuus tuotannossa. Valmistamalla osakokoonpanoja puskurivarastoon voidaan kytkä tuotannon eri vaiheet toisiinsa sujuvasti, sillä tarkoituksena on saada varastot liitettyä sulavaksi osaksi materiaalien virtaa. Kanban-ohjausjärjestelmän käyttöönotto selkeyttäisi materiaalien ohjausta ja auttaisi toimimaan joustavasti.</p>	
Avainsanat	materiaalien ohjaus, kanban, imuohjaus, osakokoonpano

Author Title	Annina Ruottinen Production control of sub-assemblies of electric cabinets to the main production line
Number of Pages Date	43 pages 10 June 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial Engineering and Management
Specialisation option	Supply Chain Management and Business
Instructors	Niko Kallio, Production Line Manager Harri Hiljanen, Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to study the production control of sub-assemblies of electric cabinets to the main production line for frame assembly and final assembly. Sub-assembly manufacturing is one phase in the production of electric cabinets, and its purpose is to serve the needs of the following steps, namely frame assembly and final assembly. The objective of this study was to analyze the current state of the production control of the sub-assemblies related to the newer product family. The goal was to find a solution for how the production control should be put into practice.</p> <p>The findings indicate that the sub-assemblies are divided into variables and standards. Variable sub-assemblies should be manufactured directly to the order. Their structure varies according to the orders, so they cannot be stored. Standard sub-assemblies can be controlled to the production line using the Kanban pull system, if their consumption is constant and large enough. Buffer stocks required for the Kanban system and the buffer stock levels for standard sub-assemblies were determined in this study.</p> <p>The aim of the theoretical section was to explore production control, different production strategies and the Just in time production. Also materials management, storing and methods of material control were studied. The knowledge base was gathered by studying a variety of books and articles. The research was carried out at the unit where electric cabinets and sub-assemblies are manufactured. Information was collected from the SAP ERP-system and the data obtained was analyzed in Excel. Information was collected also by interviewing the employees of the unit.</p> <p>The buffer stocks needed for the Kanban system should be monitored over time and the stock levels should be corrected if needed. When sub-assemblies are stored in the buffer stock, the effects of fluctuations in the demand can be counter-balanced. The deployment of the Kanban system would ensure the availability of sub-assemblies, clarify material control and help to work more flexible.</p>	
Keywords	production control, materials control, Kanban, subassembly

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Toiminnanohjaus	3
2.1	Toiminnanohjauksen tavoitteet	3
2.2	Tuotannonohjausstrategiat	5
2.3	Just in time -tuotanto	7
3	Materiaalien hallinta ja varastointi	9
3.1	Varastointi osana materiaalien hallintaa	9
3.2	Materiaalien ohjauksen menetelmiä	12
3.2.1	Työntöohjaus	12
3.2.2	Imuohjaus	13
3.2.3	Visuaalinen ohjaustapa ja kahden laatikon menetelmä	16
3.2.4	Kanban-imuohjaus	16
3.3	ABC-analyysi	18
4	Osakokoonpanojen ohjaus päätuotantoprosessiin	19
4.1	Ohjauksen nykytila	19
4.2	Sopiva toimintamalli	20
5	Kanban puskurivarastojen ohjausjärjestelmänä	23
5.1	Puskuritasojen suunnittelu	24
5.2	Toiminta käytännössä	25
5.3	Kanban-määrien laskenta	27
5.4	Keskeneräisen tuotannon sitoma pääoma	32
5.5	Kanban-ohjaukseen valittujen osakokoonpanojen valintaprosessi	36
6	Yhteenveto	40
	Lähteet	43

1 Johdanto

Insinööritö tehtiin kohdeyrityksen eräälle tuotantoyksikölle, joka valmistaa sähkökaappeja. Työssä tutkittiin yksikön uudemman tuoteperheen sähkökaappien valmistuksessa tarvittavien osakokoonpanojen ohjausta yksikön päätuotantolinjalle. Työ tehtiin, koska haluttiin tutkia osakokoonpanojen ohjausta tuotantoon ja löytää ohjauksen toteuttamiseen paras ratkaisu.

Tavoite

Työn tavoitteena oli selvittää, miten osakokoonpanoja ohjataan tuotantoon tällä hetkellä. Tavoitteena oli siis tutkia, miten osakokoonpanojen valmistusprosessi linkittyy yksikön päätuotantoprosessiin. Työssä kartoitettiin, mitä osakokoonpanoja uudempaan tuoteperheeseen kuuluu ja minkälaista niiden menekki on. Tavoitteena oli tutkia, minkälainen ohjausratkaisu olisi sopiva näille osakokoonpanoille, ja mille osakokoonpanoille kanban-imuohjausmenetelmän soveltaminen olisi kannattavaa. Kanban-menetelmällä ohjattavaksi valituille osakokoonpanoille luotiin toimintamalli ohjauksen toteuttamiseksi käytännössä, ja laskettiin menetelmän edellyttämän imuohjauspuskurivaraston määrät. Työssä oli lisäksi tarkoitus luoda tutkimusosuudessa käsiteltäville asioille tietoperusta, jossa tutustuttiin tuotannonohjaukseen, varastointiin ja materiaalienhallintaan.

Rajaus

Työ rajautuu uudemman tuoteperheen sähkökaappien osakokoonpanoihin. Yksikkö valmistaa myös vanhempaa tuoteperhettä. Rajaus tehtiin, koska molempien tuoteperheiden osakokoonpanojen määrä olisi ollut liian suuri käsiteltäväksi tässä insinööritöössä, sillä jo pelkästään uudemman tuoteperheen osakokoonpanoja on useita satoja. Lisäksi ohjausjärjestelmää kannattaa kehittää uudelle tuoteperheelle, eikä poisjäävän vanhan tuoteperheen tuotteille. Työhön kuuluu sopivan ohjausratkaisun selvittäminen osakokoonpanoille, mutta ohjausratkaisun käyttöönotto ei sisälly työhön.

Toteutus ja eteneminen

Työ koostuu kirjallisuuteen pohjautuvasta osiosta sekä tutkimusosiosta. Kirjallisuuteen pohjautuvan osion tiedot hankittiin perehtymällä työn aihetta käsittelevään kirjallisuuteen. Lähteenä käytettiin useita suomen- ja englanninkielisiä teoksia ja artikkeleita. Aineistoa etsittiin painettujen lähteiden lisäksi erilaisista verkkolähteistä. Lähteenä toimi myös kohdeyrityksen intranet. Se on yrityksen sisäinen lähiverkko, joka sisältää monipuolisen tietovaraston yrityksen tuotteisiin ja toimintaan liittyvissä asioissa. Lähdeaineistoon pyrittiin suhtautumaan kriittisesti, ja lähteeksi valittiin vain luotettavia aineistoja

Tutkimustyö tehtiin tutustumalla yksikössä paikan päällä sähkökaappien tuotantoprosessiin ja osakokoonpanoihin. Tutkimusosuudessa tarvittuja tietoja osakokoonpanoista ja niiden menekeistä hankittiin SAP-toiminnanohjausjärjestelmän kautta. Toiminnanohjausjärjestelmästä kerättyä tietoa analysoitiin Excelissä. Sen avulla tehtiin työssä tarvittut laskelmat ja tutkittiin graafisesti osakokoonpanojen menekkejä. Excel toimi kätevänä työkaluna suuren tietomäärän analysoimisessa ja laskelmien tekemisessä. Tutkimustyön tiedonhankinta koostui muun muassa haastatteluista esimerkiksi laatuinsinöörin ja muiden yksikön työntekijöiden kanssa.

Insinööri työn alussa käsitellään toiminnanohjausta, erityyppisiä ohjausstrategioita ja Just in time -tuotantoa, perehdytään materiaalien hallintaan ja varastointiin sekä esitellään materiaalien ohjauksen menetelmiä. Kirjallisuuteen pohjautuvan osuuden jälkeen työssä kuvataan osakokoonpanojen ohjauksen nykytilannetta. Sen jälkeen pohditaan osakokoonpanojen ohjauksen toteuttamiseen sopivaa ratkaisua ja esitetään ehdotettu toimintamalli ja perusteet sen valinnalle.

2 Toiminnanohjaus

Toiminnan johtamisessa tärkeimmät päätökset ja suurimmat ongelmat usein liittyvät tuotantoprosessien hallintaan ja kehittämiseen. Yrityksen tuotantomuoto vaikuttaa tuotantojärjestelmän ominaisuuksiin sekä toiminnan johtamiseen ja ohjauksen periaatteisiin. Tuotannonohjausperiaatteella tarkoitetaan tapaa, jolla tuotannonohjaus toteutetaan. Tavoitteena on organisoida ja ohjata tuotannon toimintoja ja tehtäviä niin, että tuotantotavoitteet pystytään saavuttamaan ja asiakkaan tarpeet saadaan toteutettua. (Haverila ym. 2009: 350–353.)

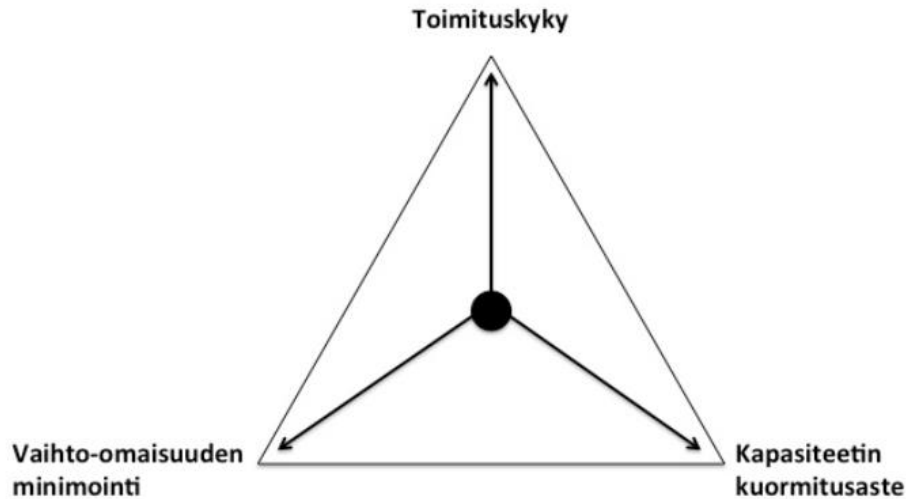
2.1 Toiminnanohjauksen tavoitteet

Toiminnanohjauksen tavoitteet perustuvat tuotannon yleisiin tavoitteisiin eli kustannusten minimoimiseen, hyvään aikakilpailukykyyn, laatuun ja joustavuuteen. Toiminnan- ja tuotannonohjauksen keskeisimmät tavoitteet ovat kapasiteetin korkea tuottavuus, toimintaan sitoutuneen vaihto-omaisuuden minimointi, toimitusvarmuus ja tuotannon läpäisy aika. (Haverila ym. 2009: 402.)

Tuotannonohjauksen tavoitteena on hallita tuotteiden toimitusaikoja ja taata toimitusvarmuus. On tärkeää toimittaa tuotteet asiakkaan tarpeiden mukaisesti ja palvella asiakasta joustavasti. Tavoitteena on tuotantokapasiteetin korkea tuottavuus ja tehokas käyttö. Lisäksi pyrkimyksenä on minimoida toimintaan sitoutunutta vaihto-omaisuutta. Tuotantoa tulee ohjata niin, että raaka-aineisiin, keskeneräiseen tuotantoon ja lopputuotevarastoihin sitoutuu mahdollisimman vähän pääomaa. Lisäksi tuotannonohjauksessa on tärkeää, että tilausten ja tuotantoerien läpäisyajat ovat mahdollisimman lyhyet. Lyhyet läpäisyajat vähentävät keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa, kehittävät toimitusvarmuutta sekä laatua ja helpottavat kapasiteetin suunnittelua. (Ritvanen ym. 2011:56; Haverila ym. 2009: 402.)

Tavoitteet ovat kuitenkin ristiriidassa keskenään, mikä vaikeuttaa tuotannonohjausta (kuva 1). Esimerkiksi hyvä toimitusvarmuus edellyttää yleensä tuotteiden varastointia ja valmiutta pienten tuotantoerien joustavaan valmistukseen. Jos taas pyritään vaihto-omaisuuden minimointiin, se edellyttää tuotevarastojen pientä kokoa. Keskeneräiseen tuotantoon sitoutuneen pääoman pienentäminen edellyttää pieniä valmistussarjoja ja puolivalmisteverastojen vähentämistä. Korkea kapasiteetin tuottavuus puolestaan

edellyttää valmistusta suurissa ja pitkissä sarjoissa ja näin ollen suuria varastoja, mikä on ristiriidassa vaihto-omaisuuden minimoivien pienien sarjojen ja puolivalmisteverastojen vähentämisen kanssa. (Haverila ym. 2009: 404.)



Kuva 1. Tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus (Haverila ym. 2009: 404).

Läpäisyaikojen lyhentäminen on kuitenkin osoittautunut hyväksi tavaksi toiminnanohjauksen ristiriitaisten tavoitteiden toteuttamisessa. Kun läpäisyaikaa lyhennetään, pystytään samaan aikaan pienentämään toimintaan sitoutunutta pääomaa ja ylläpitämään hyvää toimituskykyä. Toiminnan- ja tuotannonohjauksen tehtävänä on sovittaa tavoitteet yhteen niin, että saadaan aikaan paras mahdollinen ratkaisu. Yrityksen valitsevat kilpailutekijät vaikuttavat tuotannonohjauksen tavoitteiden muodostumiseen ja keskinäiseen tärkeyteen. (Haverila ym. 2009: 404.)

2.2 Tuotannonohjausstrategiat

Tuotannossa ja sen suunnittelussa yksi keskeisistä asioista on se, miten tuotantoa ohjataan. Tuotannonohjausmuoto määräytyy muun muassa tuotannon läpimenoajan ja asiakkaan toimitusaikavaatimusten perusteella. Siihen vaikuttavat myös monet markkinatekijät, tuotetekijät ja tuotantoprosessin eri tekijät. Tuotannonohjausmuoto voi yrityksen sisällä vaihdella, ja se voi olla esimerkiksi eri tuotteilla, markkinasegmenteillä ja valmistusvaiheilla erilainen. Tuotannon organisointi perustuu asiakastilauksen ohjautuvuuspiirteeseen (order penetration point). Se on asiakastilauksen kytkeytymiskohta, jossa kysyntä kohdistuu tuotteeseen ja tuote liitetään asiakkaan tilaukseen. Piste määrittää, mitä ohjausvaihtoehtoa käytetään. (Ritvanen ym. 2011: 49.)

Erilaisia ohjausvaihtoehtoja ovat

- varasto-ohjautuva tuotanto (make-to-stock, MTS),
- asiakasohjautuva kokoonpano (assemble-to-order, ATO),
- tilausohjautuva tuotanto (make-to-order, MTO), ja
- asiakasohjautuva tuotesuunnittelu (engineer-to-order, ETO).

Varasto-ohjautuvaa tuotantomuotoa käytetään, kun kyseessä ovat vakiotuotteet, joiden elinkaari on pitkä ja valikoima suppea, tuotteiden menekki on suurta ja kohtuullisen hyvin ennustettavissa. Tuotantomuoto mahdollistaa lyhyen toimitusajan asiakkaalle, koska asiakkaan tehdessä tilauksen tuotteet voidaan toimittaa suoraan lopputuotevarastosta. Asiakastilauksen ohjautuvuuspiirte on lopputuotevarastossa. Tuotteita valmistetaan ennakoiden varastoon, minkä takia varasto-ohjautuva tuotanto sitoo paljon pääomaa. Tuotteita voidaan valmistaa kysyntäennusteiden mukaisesti tai varaston saldon alittaessa tietyn määrän. (Ritvanen ym. 2011: 48; Varasto-ohjautuva tuotanto 2016.)

Asiakasohjautuva kokoonpano tarkoittaa kokoonpanoa asiakkaan tilauksesta. Siinä standardikomponenteista valmistetaan erilaisia tuotevariaatioita asiakastarpeiden mukaisesti. Tuotteet ovat usein modulaarisia eli koostuvat vakioituista moduuleista, joista voidaan yhdistellä asiakkaan tarpeiden mukainen lopputuote. Lopputuotekombinaatioita voi olla paljon erilaisia. Asiakkaan tilaus käynnistää kokoonpanoprosessin välivarastossa olevista puolivalmisteista. Asiakastilauksen ohjautuvuuspiirte on keskeneräisessä tuotannossa eli välivarastossa olevissa osissa ja

komponenteissa. Osia ja osakokoonpanoja täytyy varastoida, minkä takia puskurivarastoon sitoutuu pääomaa. Varastoriski ja siihen sitoutunut pääoma on kuitenkin pienempi kuin varasto-ohjautuvassa tuotannossa, jossa varasto on arvoltaan suurempi. Puskurivaraston täydennykset voidaan määritellä esimerkiksi ennusteiden avulla tai imuohjautusti kanban-ohjauskorttien avulla. Osat ovat valmiina varastossa ja tuotteet kokoonpannaan tilauksen mukaan, minkä takia pystytään lyhentämään toimitusaikaa verrattuna tilausohjautuvaan tuotantoon. (Ritvanen ym. 2011: 49; Tilauksesta kokoonpano 2016.)

Tilausohjautuvaa tuotantoa eli tilauksesta valmistusta käytetään silloin, kun yrityksellä on laaja tuotevalikoima ja kunkin tuotteen kysyntä on vähäistä. Menetelmää käytetään usein tilanteissa, joissa tuotantomäärä on suhteellisen pieni verrattuna eri lopputuotevaihtoehtojen määrään. Tuotteilla on korkea yksikköhinta, ja niiden toimitusaika on pitkä. Tilausohjautuvassa tuotannossa tuotteet valmistetaan aina asiakkaan tilaukselle eli lähes alusta valmiiksi tuotteeksi asiakkaan tilauksen pohjalta. Asiakastilauksen ohjautuvuus piste on raaka-ainevarastossa olevissa raaka-aineissa, osissa ja komponenteissa. Lopputuotevarastoa ei ole, ja ainoat varastot tuotannossa koostuvat keskeneräisestä tuotannosta, materiaaleista ja osista. Tämän takia varastoon sitoutuu suhteellisen vähän pääomaa. Keskeneräinen tuotanto liittyy usein asiakastilauksiin, mikä myös pienentää varastoon liittyvää riskiä. (Ritvanen ym. 2011: 49; Tilauksesta valmistus 2016.)

Asiakasohjautuvassa tuotesuunnittelussa lähtökohtana ovat asiakaskohtaiset tuotteet, joilla on vaihteleva kysyntä. Toimitusaika on myös pidempi kuin edellä mainituissa menetelmissä. Toisaalta asiakkaalle voidaan tarjota juuri asiakkaan tarpeiden mukainen tuote. Asiakastilauksen ohjautuvuus piste on suunnittelussa ja ostossa. Tuotteet suunnitellaan ja valmistetaan asiakkaan tilauksen mukaisesti, ja valmistus aloitetaan vasta suunnittelun jälkeen. Tuotteen valmistamisen lisäksi tilaukseen liittyy aina myös tuotesuunnittelua. Suunnittelun määrä voi vaihdella asiakkaan tarpeiden mukaan. Lopputuotevarastoa ei ole ollenkaan, vaan tuotannon varastot koostuvat keskeneräisestä tuotannosta, materiaaleista, osista ja komponenteista. Varastoriskit ovat pienempiä samoin kuin varastoon sitoutunut pääoma. Tuotanto voi toimia myös ilman materiaalivarastoja, tai tarvittavat materiaalit voidaan hankkia asiakkaan tilauksen perusteella. (Ritvanen ym. 2011: 49; Tilauksesta suunnittelu 2016.)

Asiakastilauksen ohjautuvuus piste vaikuttaa siis tuotannon organisointiin. Ohjausmenetelmää valittaessa perustana on se, että asiakkaan tilaukset saadaan täytettyä. Huomiota on kiinnitettävä myös varastoihin ja kapasiteetin hyödyntämiseen sekä toiminnan ajoitukseen, laatuun ja kustannuksiin. Jokaisen yrityksen olosuhteet, toiminnan tavoitteet, resurssit ja tarpeet ovat erilaiset. Tuotannonohjaus voidaan toteuttaa monella tapaa. On olemassa erilaisia tuotannonohjausperiaatteita, joita hyödyntämällä tuotannonohjaus voidaan toteuttaa yrityksen tavoitteiden ja tarpeiden mukaisesti.

2.3 Just in time -tuotanto

Just in time eli JIT edustaa asiakasohjautuvaa tuotantofilosofiaa. Suomeksi JITistä käytetään myös termiä JOT, joka tulee sanoista Juuri Oikeaan Tarpeeseen. JIT-tuotanto on Japanissa kehittynyt toimintamalli, jonka mukaan tuotteita ja osia pyritään tuotannossa valmistamaan vain todellisen tarpeen verran. Todellinen tarve on lähtöisin asiakaskysynnästä. JIT-tuotantoa pidetään monella alueella parempana kuin perinteisiä tuotantomalleja. Just in time -periaatetta voidaan soveltaa monissa eri tuotantomuodoissa. Tuotannosta pyritään poistamaan kaikki turhat toimenpiteet. JIT-tuotannon tavoitteena on varastojen vähentäminen, nopea läpäisy aika, virheetön toiminta, korkea tuottavuus ja joustava tuotanto. (Haverila ym. 2009: 428; JIT Just-in-time ja imuohjaus: 2016.)

JIT-tuotannon keskeisiä periaatteita ovat

- nopea läpäisy aika
- selkeät, ohuet ja tasaiset materiaalivirrat
- tasoitettu tuotanto
- välivarastojen minimointi tai poisto
- pieni valmistuserä koko ja asetus aikojen lyhentäminen
- imuohjaus
- visuaalinen tuotannonohjaus
- tehokas laadunohjaus
- toiminnan jatkuva kehittäminen
- henkilöstön sitoutuminen kehitystyöhön (Haverila ym. 2009: 429).

JIT-mallin perustana on selväpiirteinen tuotanto. Materiaalivirrat ja tuotannonohjaus on järjestetty mahdollisimman selkeästi ja tehokkaasti. Tuotteilla ja valmistustehtävillä on suuri toistuvuus ja materiaalivirrat ovat ohuet ja tasaiset. JIT-tuotantomallissa kokonaisvolyymien täytyy olla tasainen, mutta järjestelmä sallii tuotetyyppien nopeatkin vaihtelut tuoteperheen sisällä. (Haverila ym. 2009: 428.)

JIT-tuotannossa työvaiheiden asetusajoja pyritään lyhentämään. Lyhyiden asetusajojen ansiosta pystytään pienentämään eräkokoa ilman, että kannattavuus kärsii. Pienet eräkoot automaattisesti lyhentävät läpäisyajoja tuotannossa. JIT-tuotannolle onkin ominaista pienerävalmistus, jossa tuote-erä valmistetaan toistuvasti pienin väliajoin. (Haverila ym. 2009: 428; JIT Just-in-time ja imuohjaus: 2016.)

Myös keskeneräisen tuotannon määrä vähenee JIT-tuotannossa, koska lyhyen läpäisyajan takia voidaan tuote- ja puolivalmisteverastoja pienentää. Jos tuotteet tai osat voidaan valmistaa tilauksen perusteella, ei välivarastoja tarvita lainkaan. Koska varastot ovat pienet keskeneräisen tuotannon vähäisen määrän takia, myös toimintaan sitoutunut pääoma on vähäinen ja pääoman tuottavuus on hyvä. Tuotteen saatavuus ja nopeat toimitusajat voidaan varastojen sijaan toteuttaa joustavalla JIT-tuotannolla. Tuotteet valmistetaan ja toimitetaan siis välittömän tarpeen perusteella, juuri oikeaan aikaan eli Just in time. Noudatetaan imuohjausta ja selkeää visuaalista tuotannonohjaustapaa. Ohjausmenetelmänä voi toimia esimerkiksi yksinkertainen kanban-imuohjaus. (Haverila ym. 2009: 428–429.)

Laajasti käsitettynä Just in time -tuotanto lähestyy käsitteenä Lean-ajattelua. Lean production -käsitettä voidaan pitää JIT-tuotantoa laajempänä. Lean-tuotantomallissa keskeisenä ytimenä on tehokas JIT-tuotanto. Keskeistä JIT-tuotannossa on voimakas keskittyminen toiminnan laadun kehittämiseen. Just in time -tuotanto vaatii toiminnalta korkean laatutason, ja virheitä pyritään estämään ennalta. Tavoitteena on virheettömyys, johon pyritään lyhyiden läpäisyajojen, pienten välivarastojen ja toiminnan lyhyiden aikajänteiden avulla. Jos virheitä kuitenkin tapahtuu, ne tulevat tuotannon selkeyden takia JIT-tuotannossa nopeasti esille, jolloin niiden syyt ovat nopeasti ja helposti havaittavissa. (Haverila ym. 2009: 361–362.)

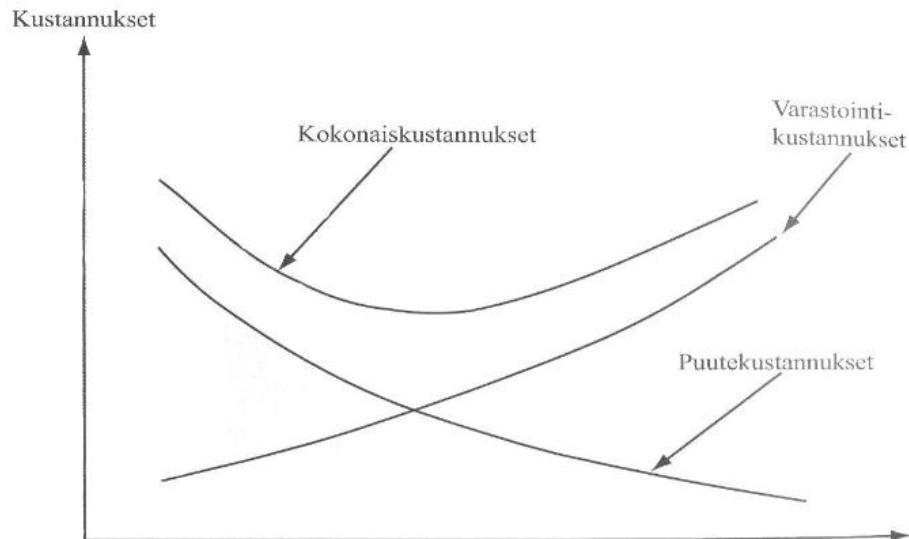
JIT-tuotantomalli eroaa suuresti massateollisuusmallista. Perinteisessä massatuotannossa tuotteiden valmistus ja tarvittavat hankinnat suoritetaan mahdollisimman suurissa erissä, jotta kustannukset saataisiin minimoitua. JIT-tuotannossa pyritään kuitenkin pitämään materiaalivirrat ohuina ja nopeina ja tarkoituksena on välttää turhaa varastonmuodostusta. Koska tuotantoprosessi on JIT-tuotannossa nopea, pystytään reagoimaan nopeasti muuttuviin asiakastarpeisiin ja hallitsemaan muutoksia tuotteissa ja malleissa. JIT:n käytäntöihin kuuluu henkilöstön vahva sitoutuminen ja osallistuminen jatkuvaan toiminnan parantamiseen. Massatuotantoon verrattuna JIT-tuotannossa on parempi tuottavuus juuri toiminnan korkean laatutason, turhien tehtävien poistamisen, tuotantoprosessien jatkuvan parantamisen ja sitoutuneen pääoman pienuuden takia. (Haverila ym. 2009: 361–362.)

3 Materiaalien hallinta ja varastointi

3.1 Varastointi osana materiaalien hallintaa

Materiaalihallinnalla on kaksi perustavoitetta, ja toisen mukaan materiaalihallinnan täytyy pystyä pitämään yllä haluttua palvelutasoa. Materiaalivarastojen palvelutaso muodostuu toimitusajan pituudesta ja tuotteiden saatavuudesta. Varastojen täytyy palvella omaa tuotantoa ja loppuasiakasta halutulla tavalla. Tämä materiaalihallinnalta vaadittu palvelutaso on yksi keskeisimmistä strategisista päätöksistä. Toisena tavoitteena on materiaalihallinnan kokonaiskustannusten minimointi. Esimerkiksi varastointikustannukset, ostettavien materiaalien hinnat ja tavaroiden käsittelyn, kuljetuksen ja vastaanoton kustannukset pyritään pitämään mahdollisimman pieninä. (Haverila ym. 2009: 443.)

Aina pohdittaessa materiaalitoimintoja on Haverilan ym. (2009: 444–445) mukaan tarkasteltava hankintapäätösten vaikutusta kustannuksiin kokonaisuutena. Varastointikustannusten minimointiin liittyy ristiriita, sillä pienentämällä varastotasoja voidaan varastointikustannuksia pienentää, mutta samalla se voi nostaa puute- ja hankintakustannuksia. Varastotason vaikutus on esitetty kuvassa 2. Varastotasoja suunniteltaessa täytyy arvioida monia eri tekijöitä. Tätä ongelmaa on hyvä lähestyä palvelutason näkökulmasta, sillä oleellista ei ole puute- ja varastointikustannusten optimointi, vaan halutun palvelutason ylläpito minimikustannuksin.



Kuva 2. Varastotason vaikutus kustannuksiin (Haverila ym. 2009: 445).

Yksi tärkeimmistä materiaalihallinnan tehtävistä on varastotason eli varastojen koon suunnittelu. Varastojen suunnittelun lähtökohtana ovat haluttu palvelutaso ja menekkiennusteet. Varaston koko mitoitetaan niin, että menekkitilanteissa pystytään saavuttamaan haluttu palvelutaso. Varastojen täytyy olla riittävän suuret yrityksen toimituskyvyn ja palvelutason turvaamiseksi. Varastoinnin sitoma pääoma tulisi pyrkiä pitämään minimissään. Varastoihin sitoutuu paljon pääomaa, minkä lisäksi myös varastointi ja materiaalien käsittely aiheuttavat kustannuksia. Lisäksi varastointiin liittyy riski, että tuote vanhentuu varastossa teknisesti tai taloudellisesti. (Haverila ym. 2009: 449.)

Teollisessa ympäristössä varastot luokitellaan tavallisesti raaka-aine-, puolivalmiste- ja valmisteverastoihin. Raaka-ainevarastossa säilytetään raaka-aineiden lisäksi kaikkia tarvittavia materiaaleja, osia ja komponentteja. Puolivalmisteverasto muodostuu keskeneräisistä töistä ja valmisteverasto valmiista, myyntiä odottavista tuotteista. Syyt varaston muodostamiseen voivat olla tuotantoteknisiä. Tuotetta voidaan haluta valmistaa kerralla suurempia eriä, sillä kiinteiden kustannusten osuus alenee valmistunutta yksikköä kohti valmistuseräköön kasvaessa. Tällainen toiminta on varasto-ohjautuvaa, ja se on vastakohta asiakasohjautuvalle tuotannolle, jossa valmistetaan vain asiakkaiden tilaamia tuotteita. Asiakasohjautuvassa tuotannossa lopputuotteita ei voida varastoida, mutta niiden osia voidaan varastoida. Lopputuote valmistetaan asiakasohjautuvasti, mutta sen osia voidaan valmistaa varasto-ohjautuvasti. (Sakki 2009: 103.)

Materiaali- ja puolivalmisteverastot voidaan mitoittaa lopputuotteiden tilauskannasta ja menekkiennusteista lasketun materiaalimenekin perusteella. Tämä tarkoittaa lopputuotteen menekin perusteella laskettua materiaalimenekkiä. Aina kun suunnitellaan varastotasoja, täytyy ottaa huomioon mahdolliset menekin vaihtelut. Voimakas menekin vaihtelu, jota ei pystytä ennustamaan, edellyttää varastotasojen nostamista toimituskyvyn turvaamiseksi. Varastoja suunniteltaessa otetaan huomioon myös kausivaihteluiden tasaaminen, sillä hiljaisen menekin aikana tuotteita voidaan valmistaa varastoon, josta tuotteita otetaan käyttöön menekin huippukohdissa. (Haverila ym. 2009: 450.)

Kausivaihtelun vaikutuksia voidaan siis tasoittaa varastoimalla tuotteita. Tällöin varastointikustannusten täytyy olla riittävän alhaiset, jotta toimintamalli olisi kannattava. Välivarastoja tarvitaan, kun eri työvaiheita kytketään toisiinsa. Jos eri vaiheilla on eri nopeus, keskeneräisiä tuotteita on hyvä olla varastossa vaiheiden välillä. Koska välivarastot kuitenkin sitovat pääomaa, turhista välivarastoista tulisi pyrkiä eroon. Menekkitietojen hallinnalla ja hyvällä suunnittelulla voidaan pienentää puskurivarastoja. Puskurivarastoja pidetään usein menekin vaihteluiden takia, jotta voidaan varautua vaihtelevaan kysyntään. Lisäksi tuotannon läpäisyajan lyhentäminen ja prosessin joustavuuden kasvattaminen vähentävät tarvetta tuotteiden puskurivaraston luomiselle. (Haverila ym. 2009: 446.)

Materiaalien ohjauksen toimenpiteillä vaikutetaan vaihto-omaisuuteen. Sen käytön tehokkuuden vertaamisessa tavallisin tunnusluku on varaston kierto. Se on yleisimmin käytetty materiaalin ohjauksen tunnusluku. Se lasketaan jakamalla vuoden kulutus varaston määrällä. Yhden tuotteen varastonkierto voidaan laskea esimerkiksi kappalemääräisen kulutuksen ja varaston avulla. Se kertoo, kuinka monta kertaa varasto kiertää vuodessa. Sille kannattaa asettaa tuotekohtaisesti minimi- ja maksimitavoitteet ja seurata, kuinka moni varastoitavista tuotteista ylittää rajat. Yritys määrittelee rajat tarpeidensa mukaan. Asetetut rajat määrittelevät ikään kuin putken, jonka puitteissa varastoarvojen sallitaan liikkuvan. Tuotteet voidaan jakaa näin varastoimisen näkökulmasta hyviin ja huonoihin, sillä ylärajan yläpuolella oleva varasto on huonoa ja alarajan alittamistakaan ei saisi tehdä, koska alaraja tarkoittaa vähimmäisvarastoa toimituskyvyn varmistamiseksi. (Sakki 2009: 76.)

3.2 Materiaalien ohjauksen menetelmiä

Materiaalien ohjauksessa voidaan hyödyntää erilaisia menetelmiä, joita soveltamalla materiaaleja voidaan ohjata tarpeiden mukaisesti. Seuraavaksi kuvataan työntöohjausta, imuohjausta, kahden laatikon menetelmää ja kanban-imuohjausta. Tarkoituksena on perehtyä erilaisiin ohjausmenetelmiin, jotta osakokoonpanon nykytilaa ja työssä ehdotetun ohjausratkaisun toimintaa olisi helpompi ymmärtää.

3.2.1 Työntöohjaus

Valmistustoiminnassa on olemassa kaksi erilaista materiaalin ohjauksen menetelmää, joista toinen perustuu materiaalitarvelaskentaan ja toinen imuohjaukseen. Imuohjaus perustuu tämänhetkiseen tarpeeseen, ja siinä tulevaa tarvetta ei juurikaan mietitä tai ennakoita. Imuohjauksen vastakohdassa eli työntöohjauksessa käytetään tarvelaskentaa, joka pohjautuu tuleviin tarpeisiin. Työntöohjauksessa päätökset materiaalivirtojen kulusta tuotannon läpi tehdään keskitetysti ja tuotteet työnnetään seuraavaan valmistusvaiheeseen. Työkaluna työntöohjauksessa käytetään tarvelaskentaa, jonka avulla eri valmistusvaiheissa tuotettavat määrät suunnitellaan kerralla lopputuotteen myyntiennusteiden, tuotteiden rakenteiden ja senhetkisten varastomäärien perusteella. (Sakki 2009: 127.)

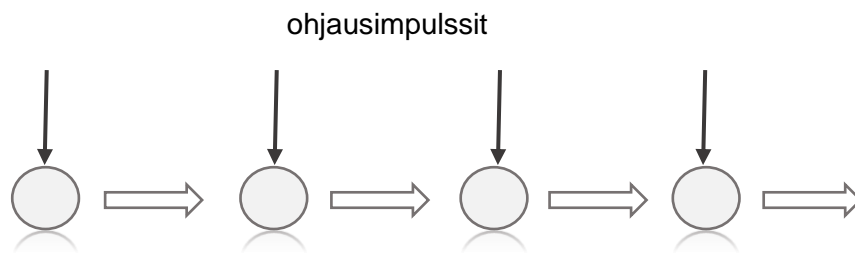
Työntöohjauksesta käytetään englanniksi termiä push control. Se on materiaalitarpeiden ennakkointiin perustuva menetelmä. Työntöohjauksessa tuotteet valmistetaan suunnittelun tekemän valmistussuunnitelman ja -aikataulun mukaisesti. Suunnitelman perusteella ajoitetaan materiaalitoimitukset ja varastojen täydennykset. Tarveajankohdat voidaan ennakoita hyvissä ajoin valmistusaikataulujen ja läpimenoaikojen perusteella. Kun suunnitelma on tehty, tiedetään, mitä osia valmistuksessa tullaan tarvitsemaan riippuen lopputuotteesta. Ennalta tehty suunnitelma ohjaa ja koordinoi eri valmistustehtäviä, ja sen avulla työnnetään tuotantoerä tuotannon läpi. Työntöohjauksessa asiakkaan tarve ei suoraan ohjaa käytännön materiaalivirtaa, vaan vaiheiden toiminnot perustuvat ennalta tehtyyn suunnitelmaan. Menetelmä edellyttää siis paljon ennakkointia. Työntöohjauksessa ei rajoiteta varaston määrää tai keskeneräistä tuotantoa ollenkaan. Työntöohjaus soveltuu kaikkiin tuotantomuotoihin, ja se onkin eniten käytetty ohjausmenetelmä. (Haverila ym. 2009: 422; JIT Just-in-time ja imuohjaus: 2016.)

Työntöohjauksen toteuttamisessa on monia ongelmia. Menetelmä on osoittautunut vaikeaksi, kun ohjataan laajaa ja monimutkaista valmistusketjua. Ongelmiksi muodostuu valmistustilanteen ja tehtyjen suunnitelmien ristiriitaisuus. Esimerkiksi osa tulevasta tarpeesta voi olla oikeita asiakastilauksia ja osa ennusteeseen perustuvaa arvausta. Muutokset ovat todennäköisiä, ja suunnitelmat eivät vastaa täysin todellisuutta, eikä valmistus aina pysty toimimaan suunnitelmien mukaisesti. Monivaiheisessa valmistuksessa voi tuotantokapasiteetissa esiintyä äkillisiä pullonkauloja ja eri vaiheiden läpimenoajat voivat muuttua kesken kaiken. Kaikki tämä aiheuttaa uudelleen laskemista ja suunnitelman muiden osien muuttamista. Lisäksi tuotanto reagoi hitaasti kysynnän äkillisiin muutoksiin. Työntöohjaus on hyvä menetelmä silloin, jos tuotteen tuotantoprosessi on lyhyt ja menekki on helposti ennustettavissa. Se on toimiva suunnittelumenetelmä, mutta se vaatii selkeää ja hallittavissa olevaa valmistusprosessia, hyvää laatua ja kurinalaista toimintaa. (Sakki 2009: 128; Haverila ym. 2009: 422.)

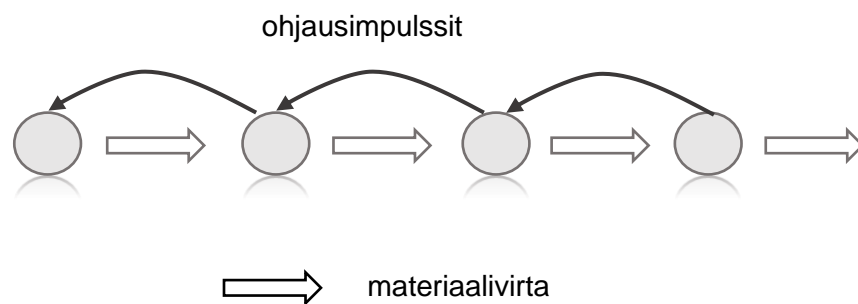
3.2.2 Imuohjaus

Imuohjauksesta käytetään englanniksi termiä pull control. Imuohjaus on tuotannonohjausmenetelmä, jonka toiminta perustuu siihen, että tuotteita ja osia valmistetaan vain välittömään tarpeeseen. Menetelmän toiminta perustuu Just in time -periaatteeseen, sillä menetelmässä on kyse tarveohjautuvuudesta. Osia imetään kokoonpanoon ainoastaan välittömän tarpeen verran. Imuohjauksen taustalla on varastojen minimoiminen, sillä varastot aiheuttavat paljon kustannuksia ja piilottavat prosessien ongelmia. Imuohjauksessa ja imuohjaukseen perustuvassa ohjausmenetelmässä keskeneräisen työn varastot vähenevät, koska tavoitteena on valmistaa tuotteita vain tarvittava määrä ja vasta silloin, kun seuraava vaihe tarvitsee tuotteita. (Haverila ym. 2009: 422; JIT Just-in-time ja imuohjaus: 2016; Sakki 2009: 128.)

Työntöohjaus



Imuohjaus



Kuva 3. Työntö- ja imuohjauksen materiaali- ja informaatiiovirta (Haverila ym. 2009: 423).

Imuohjauksessa tarveimpulssit etenevät lopusta alkuun päin, mikä näkyy kuvassa 3. Imuohjauksessa käytetään pieniä välivarastoja ja tilausimpulssi syntyy, kun osia otetaan näistä imuohjauspuskureista. Tilausimpulssit välitetään kanban-ohjauskorttien avulla. Kortti antaa luvan valmistaa tai siirtää osaa tai tuotetta kortissa kerrotun määrän verran. Lupa valmistukseen tulee siis kortista, eikä ilman korttia ole lupaa aloittaa valmistusta. (Haverila ym. 2009: 422; JIT Just-in-time ja imuohjaus: 2016.)

Imuohjaus voidaan toteuttaa kanbanin lisäksi myös kaksilaatikkojärjestelmällä, jossa osaa kulutetaan yhdestä laatikosta ja tyhjä laatikko ilmaisee osan täydennystarpeen. Tässä tapauksessa valmistukseen palaava tyhjä kuljetuslaatikko toimii valmistusimpulssina. Myös muut visuaaliset signaalit ovat mahdollisia, kuten tyhjä hyllypaikat tai merkityt alueet lattiassa. (JIT Just-in-time ja imuohjaus: 2016.)

Imuohjausta on helpointa toteuttaa sellaisissa materiaalivirroissa, joissa tarve on suhteellisen tasaista ja täydennykset ovat nopeita. Imuohjaus sopii siis hyvin vakio-osille ja tasaisen menekin materiaaleille, koska muutoin imuohjauspuskurien tekeminen ei olisi mahdollista. Imuohjauksessa tärkeää on valmistuksen lyhyt läpäisy aika ja virheetön laatu, sillä ongelmat vain yhdessäkin valmistusvaiheessa voivat pysäyttää koko tuotantoprosessin nopeasti. Imuohjaus on haastavaa tilanteissa, joissa tuotteen kysyntä vaihtelee suuresti tai täydennysajat ovat pitkiä ja vaihtelevia. (Haverila ym. 2009: 422.)

Imuohjausperiaatetta voidaan soveltaa monissa tilanteissa, ja siitä on käytössä monenlaisia eri sovelluksia. Imuohjausta voidaan soveltaa valikoiden tiettyihin tärkeimpiin tuotteisiin. Työntöohjauksen avulla voidaan suunnitella koko tilauksen aikataulu ja tilauskohtaiset valmistustehtävät, ja imuohjausperiaatteella voidaan ohjata kokoonpanon vakio-osien valmistusta. Imuohjausmenetelmää käytetään usein sen takaaman toimintavarmuuden takia. Esimerkiksi virheet materiaalikirjanpidossa eivät aiheuta häiriötä imuohjausjärjestelmään. Käytännössä imu- ja työntöohjausta käytetään harvoin ainoana periaatteena läpi koko tuotannon. Periaatteita yhdistellään, jotta saadaan olosuhteisiin tarkoituksenmukainen ohjaustyyli materiaalivirrälle. (Haverila ym. 2009: 423; JIT Just-in-time ja imuohjaus: 2016.)

Imuohjauksessa varastojen ja keskeneräisen tuotannon määrää voidaan helposti rajoittaa, kun tuotteita valmistetaan vain, kun niille on tarvetta. Kuitenkaan kumpikaan menetelmistä, imuohjaus tai työntöohjaus, ei toimi ilman varastoja. Täytyy löytää varastoille optimitaso ja tilanteeseen sopiva ohjaustapa, koska sillä voidaan vaikuttaa vaihto-omaisuuden kiertoon ja varastomääriin. (Sakki 2009: 108.)

3.2.3 Visuaalinen ohjaustapa ja kahden laatikon menetelmä

Visuaalinen ohjaus perustuu materiaalien määrän valvontaan niiden varastointipisteessä. Tilausimpulssi syntyy, kun varaston taso alittaa ennalta määritellyn tason. Tällainen menetelmä sopii hyvin tuotteille, joiden toimitusaika on lyhyt ja menekki suhteellisen tasainen. Kahden laatikon menetelmä on yksi yleisimpiä visuaalisen valvonnan keinoja. Siinä nimike varastoidaan kahteen laatikkoon. Kun ensimmäinen laatikko tyhjenee, otetaan käyttöön toinen laatikko. Toista laatikkoa käyttöönotettaessa tehdään täydennystilaus laatikossa olevan kortin avulla. Laatikossa on kortti, joka määrittelee tarvittavan nimikkeen ja tuotantoerän suuruuden. Kortti toimitetaan pisteeseen, jossa tuotetta valmistetaan. Kun tuotteet ovat valmistuneet, ne pakataan laatikkoon, laatikon päälle laitetaan kortti, ja se viedään käyttöpisteeseen. Laatikkojen nimikemäärät on mitoitettu niin, että toinen laatikko riittää nimikkeen toimitusajan verran. (Haverila ym. 2009: 452.)

3.2.4 Kanban-imuohjaus

Kanban-ohjaus on imuohjaustekniikka, jossa materiaalien ohjaus toteutetaan kanbanien eli merkinantokorttien avulla. Kanban-sana tulee japanin kielestä, ja se tarkoittaa korttia tai näkyvää merkkiä. Kanbanilla viitataan merkinantokortteihin, joilla annetaan signaali tuotteiden tarpeesta. Korttien avulla ilmoitetaan visuaalisesti, että tuotanto tarvitsee lisää osia. Tavallisimmassa yksikorttijärjestelmässä kortit on kiinnitetty laatikoihin, joissa on tuotteen valmistamiseen tarvittavia osia. Kun laatikon sisältö tyhjenee, laatikko palautetaan täytettäväksi, ja laatikon mukana oleva kortti toimii merkkinä siitä, että osia täytyy valmistaa kortin kertoma määrä. Kun laatikko on täytetty, kortti kiinnitetään takaisin laatikkoon. Laatikko ja siinä kiinni oleva kortti viedään takaisin osien käyttäjälle ja kierto alkaa alusta. Laatikon kyljessä olevassa kanban-kortissa on kerrottu olennaisia tietoja, kuten paljonko osia tarvitaan ja minne osat toimitetaan. Jos osia ei käytetä ja laatikko ei tyhjene, ei varastoa täydennetä. Kanbanin avulla voidaan siis rajoittaa keskeneräisen tuotannon määrää, sillä korttien määrä määrittää keskeneräisen työn ja samalla varaston ylärajan. (Krajewski ym. 2016: 243.)

Kanban-järjestelmän perustoimintaperiaatteisiin kuuluu, että jokaisessa laatikossa on oltava kanban ja tyhjiä laatikoita ei saa ottaa käyttöön, ennen kuin niihin on kiinnitetty kanbanit. Seuraava vaihe imee materiaalit, eikä osia työnnetä seuraavaan vaiheeseen. Täytyy valmistaa aina oikea määrä tuotteita, eikä saa valmistaa sellaisia osia, joita ei vielä tarvita tuotantoon. Lisäksi laatikoiden täytyy sisältää aina sama määrä osia, sillä virheellisesti täytetyt laatikot häiritsevät tuotantovirtausta. Tuotantomäärä ei saa ylittää kanbaneissa ilmoitettua määrää, ja tuotanto saadaan aloittaa vain kanban-kortin perusteella. Lisäksi kokoonpanolinjalle tulisi toimittaa vain virheettömiä osia. Tämä edistää virheetöntä toimintaa ja laadun parantamista, mikä on yksi Lean-järjestelmän piirteistä. (Krajewski ym. 2016: 243.)

Kanban-järjestelmä on autovalmistaja Toyotan kehittämä, ja Toyotalla on ollut suuri rooli imuohjauksen ja JIT-tuotannon kehittämisessä. Seuraavaksi esitellään Toyotan imuohjaustekniikkaa, jota yritys käytti Toyota Cityn tehtaissa vuosituhatien vaihteissa. Toyotan toimintaympäristö on monimutkaisempi kuin yhden kortin järjestelmässä, minkä takia Toyota käyttää kahden kortin järjestelmää. (Haverila ym. 2009: 423–424.)

Toyotan käyttämässä menetelmässä peruseriaate on samanlainen kuin yksikorttimenetelmässä, mutta Toyotan käyttämiä kanban-kortteja on kahdenlaisia: kuljetus-kanbaneita ja valmistus-kanbaneita. Kuljetus-kanban ilmaisee, milloin tuotantoerä otetaan valmistukseen. Kortti kiertää jatkuvasti, ja kortin avulla tuotanto imee osia kohti lopputuotetta. Kuljetus-kanban kiinnitetään komponenttilaatikkoon, ja se on laatikon kyljessä, kun laatikko saapuu kokoonpanopisteelle. Kun komponentteja sisältävä laatikko otetaan käyttöön, kuljetus-kanban välitetään keräilypisteeseen ja sieltä komponentin valmistajalle. Valmistaja katsoo kanbanista tarvittavan määrän ja pakkaa sen laatikkoon. Tämän jälkeen tuotteet kuljetetaan kokoonpanopisteeseen, ja samaan aikaan keräilypisteistä noudetaan uudet kuljetus-kanbanit. Komponenteista on liikkeellä useita kanbaneita, jotta komponentteja on kokoonpanopisteissä aina tarpeeksi koko toimitussyklin ajan. (Haverila ym. 2009: 423–424.)

Osien valmistajalla on käytössä valmistus-kanbanit, jotka ovat osavalmistajan varastossa kiinnitettyinä komponenttilaatikoiden kylkiin. Kun kokoonpanoon menevät komponentit pakataan, nämä osavalmistajan kanbanit vapautuvat. Valmistus-kanbanit menevät tuotantoprosessin alkupäähän, ja siellä aloitetaan kanbanin mukaisen tuotantoerän valmistus. Kun erä valmistuu, komponenttilaatikon kylkeen kiinnitetään

kanban ja laatikko siirretään varastoon. Myös valmistus-kanbaneita täytyy olla kierrossa useita, jotta tuotantomäärien vaihdellessa voidaan varmistaa riittävän suuret välivarastot. Tarvittavien kanbanien määrä ja kuljetus- ja valmistuserien koko määritetään suunnitteluvaiheessa. Jos menekki muuttuu, myös kanbanien määrää ja eräkokoa täytyy muuttaa. Kanbanien laskemiseksi on olemassa erilaisia sovelluksia kanban-määrien laskentakaavasta. (Haverila ym. 2009: 424.)

3.3 ABC-analyysi

ABC-analyysi on erotteleva analyysi, jonka avulla pyritään erottamaan merkittävät asiat vähämerkityksisistä. Kokonaisuutta tarkasteltaessa on hyödyllistä pystyä tarkastelemaan kohderyhmän sisäistä hajontaa. Periaatetta voidaan soveltaa erilaisiin ilmiöihin, mutta yleisesti ABC-analyysiä käytetään materiaalivarastojen analysoinnissa. Analyysissä tuotteet luokitellaan ryhmiin kulutuksen perusteella. Luokittelua voidaan käyttää ohjausperiaatteiden suunnittelussa. ABC-analyysi perustuu nimikkeiden luokitteluun vuosikulutuksen perusteella. Menetelmän mukaan tarkkaa ohjausta ja suunnittelua kannattaa soveltaa vain merkittävimpiin A-luokan nimikkeisiin. Vuosikulutukseltaan pienempien C-luokan nimikkeiden ohjauksessa käytetään karkeampia menetelmiä. (Haverila ym. 2009: 457; Sakki 2009: 89.)

A-luokkaan kuuluvat vuosikulutusarvoltaan suurimmat nimikkeet ja C-luokkaan vuosikulutukseltaan vähäisimmät nimikkeet. Nimikkeitä voidaan jakaa myös useampaan luokkaan. Analyysi voidaan tehdä euromääräisen myynnin lisäksi esimerkiksi myös kappalemäärien perusteella. ABC-analyysi pohjautuu Pareton kehittämään 20/80-sääntöön, jonka toteutumista voidaan seurata ABC-analyysin avulla. ABC-analyysi on kuitenkin kuva menneistä tapahtumista, eikä tulevaisuus ole aina läheskään samanlainen. ABC-analyysistä on olemassa erilaisia muunnoksia, joita voidaan soveltaa käyttötarpeen mukaan. ABC-analyysi voi antaa hyvän lähtökohdan materiaalin ohjauksen toteuttamiselle. (Haverila ym. 2009: 457.)

4 Osakokoonpanojen ohjaus päätuotantoprosessiin

4.1 Ohjauksen nykytila

Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia osakokoonpanojen ohjausta sähkökaappien päätuotantoprosessiin ja määrittää, miten uudemman tuoteperheen osakokoonpanoja ohjataan tuotannolle. Tarkoitus oli kuvata nykytilanne ja pohtia, mikä olisi osakokoonpanojen ohjaukseen sopiva ratkaisu. Osakokoonpanojen ohjaus tuotantoon tarkoittaa tässä työssä sitä, miten osakokoonpanojen valmistus linkittyy päätuotantoprosessiin.

Kohdeyksikön päätuotantoprosessi koostuu rungon kokoonpanosta, loppukokoonpanosta ja viimeistelystä. Yksikön tuotantoprosessiin kuuluu myös osakokoonpanojen valmistaminen ja osakokoonpanot valmistetaan itse kohdeyksikössä. Osakokoonpano on yksi vaihe lopputuotteen eli sähkökaappien tuotannossa, ja sen tarkoitus on valmistaa osakokoonpanoja tuotannon seuraaville vaiheille, eli loppukokoonpanoon ja rungon valmistukseen. Kohdeyksikön tuotanto on tilausohjautuvaa. Yksikön valmistamat sähkökaapit valmistetaan ja suunnitellaan aina tilaukselle, ja ne pystytään räätälöimään asiakkaan tarpeen ja käytettävän sovelluksen mukaisesti. Tarve lopputuotteen valmistamiseen tulee siis aina asiakkaalta. Materiaalitarpeet tarkentuvat vasta suunnitteluvaiheessa. Materiaalihallinnan kannalta tämä tarkoittaa, että lopputuotteita ei voida tehdä valmiiksi varastoon, sillä tuotteet ovat aina asiakkaalle räätälöityjä ja ainutkertaisia. Osia ja vakio-osakokoonpanoja voidaan kuitenkin jossain määrin varastoida.

Tällä hetkellä kaikki osakokoonpanot valmistetaan pääsääntöisesti aina tilaukselle. Osakokoonpanon nykytilaa on kartoitettu kesällä 2015. Kartoitus on tehty haastattelemalla osakokoonpanossa työskenteleviä henkilöitä, ja se antaa suurpiirteisen kuvan osakokoonpanon tilasta. Kartoitus on kuitenkin vajavainen, eikä se kata kaikkia uudempaan tuoteperheeseen kuuluvia osakokoonpanoja. Kartoituksessa on osakokoonpanoille määritetty, mistä aloitusimpulssi osakokoonpanon tekemiselle syntyy. Suurimmalla osalla osakokoonpanoista aloitusimpulssi syntyy kansioista, jonka tuotannonsuunnittelu laatii aloitettaville töille. Kansio sisältää tietoa osakokoonpanosta ja sen sisältämistä osista ja kokoamisesta. Tuotannonsuunnittelulta tuleva kansio toimii tilausimpulssina, eli valmistuksessa noudatetaan työntöohjausta. Tällä hetkellä

osakokoonpanot siis työnnetään seuraavaan vaiheeseen eli rungon valmistukseen ja loppukokoonpanoon.

Kun osakokoonpanot ovat valmiit, ne viedään nykyään suoraan runkosoluun tai loppukokoonpanoon riippuen siitä, kumman tarpeeseen osakokoonpano on koottu. Osakokoonpanot voidaan niiden valmistuttua viedä myös hetkeksi hyllyyn, josta loppukokoonpano tai runkosolu hakee ne. Tällä hetkellä osakokoonpanot kootaan pääasiassa tilaukselle, mutta joitain yksittäisiä kappaleita saatetaan valmistaa varastoon. Tällä hetkellä varastoitavia kappalemääriä ei kuitenkaan ole ennalta määritelty mitenkään, eikä valmiille osakokoonpanoille ei ole määritetty puskurivarastoja. Osakokoonpanoja ei myöskään ole jaoteltu niiden menekin mukaan esimerkiksi suurimenekkisiin ja pienimenekkisiin, eikä rakenteen mukaan vakioihin tai varioituihin.

Osakokoonpanojen kysyntä vaihtelee suuresti kuukausikohtaisesti ja sitä on vaikea ennustaa. Koska osakokoonpanot tehdään tilauksille, yhtenä kuukautena osakokoonpanoja voidaan joutua valmistamaan suuria määriä, jolloin valmistuksen kuormitus on suuri ja toisena kuukautena kysyntä voi olla pientä ja työntekijöillä on vain vähän tekemistä. Osakokoonpanoille tulisi löytää ohjausjärjestelmä, jonka avulla voitaisiin tasoittaa osakokoonpanojen menekin vaihteluita.

4.2 Sopiva toimintamalli



Yksikön uudemman tuoteperheen tuotteisiin kuuluu monia eri osakokoonpanoja. Osakokoonpanojen valmistamisen tarve on riippuvainen asiakkaan tilauksesta. Koska yksikön lopputuotteet suunnitellaan ja tehdään tilaukselle, ne ovat varioituvia asiakkaan tilauksen mukaisesti. Asiakas määrittelee lopputuotteen ominaisuudet, minkä perusteella myös osakokoonpanojen ominaisuudet määräytyvät. Lopputuote tehdään siis aina ominaisuuksiltaan asiakkaan haluaman tyyppisenä, joten myös osakokoonpanot ovat varioituvia. Osakokoonpanoissa on paljon varioituvia osia, minkä takia myös niin monet osakokoonpanot kokonaisuudessaan ovat varioituvia. Niitä voidaan muokata tilauksen mukaisesti, eli niiden rakenne ja niiltä vaadittavat ominaisuudet vaihtelevat tilausten mukaan. Tämän takia on järkevää tehdä varioituvat osakokoonpanot aina tilaukselle kyseessä olevan tilauksen tarpeiden mukaisesti. Suuri osa uudemman tuoteperheen osakokoonpanoista on varioituvia. Vakio-osakokoonpanojakin on, mutta niitä on vähän.

Työssä jaoteltiin osakokoonpanot sen perusteella, ovatko ne varioituvia vai vakioita. Tämän jaottelun perusteella lähdettiin miettimään parasta ohjaustapaa osakokoonpanoille. Paras ohjausmenetelmä varioituville osakokoonpanoille on valmistaminen suoraan tilaukselle. Niiden rakennetta ei voida tietää etukäteen, vaan se varmistuu aina tilauksen perusteella. Vasta asiakkaan tehdessä tilauksen voidaan tietää, millaisen tuotteen asiakas haluaa. Ennen tätä ei ole tietoa siitä, millaisia tuotteita valmistetaan, eikä myöskään siitä, millaisia osakokoonpanoja täytyy valmistaa. Vasta tilauksen tapahtuessa lopputuote suunnitellaan asiakkaan vaatimusten mukaiseksi, ja silloin myös tarvittavat osakokoonpanot ja niiden rakenne selviävät.

Koska varioituvien osakokoonpanojen ominaisuudet vaihtelevat riippuen asiakkaan tilauksesta, niiden varastoiminen on vaikeaa eikä se ole kannattavaa. Tästä syystä varioituvien osakokoonpanojen valmistaminen etukäteen ei ole järkevää. Varioituvien osakokoonpanojen valmistuksessa on järkevää käyttää työntöohjausta, jossa valmistus perustuu tilausten pohjalta tehtyyn valmistussuunnitelmaan. Valmistusimpulssi tulee tuotantojärjestelmän ulkopuolelta ja työt vapautetaan tuotantoon valmistussuunnitelman mukaisesti. Suunnitelma ohjaa varioituvien osakokoonpanojen valmistusta.

Kun osakokoonpanot valmistetaan suoraan tilaukselle, niitä ei varastoida, eli varastoon ei sitoudu pääomaa. Osakokoonpanojen kysyntä on kuitenkin epätasaista, ja jos kaikki osakokoonpanot tehdään suoraan tilaukselle, se tarkoittaa, että kysyntäpiikkeinä joudutaan valmistamaan suuriakin kappalemääriä osakokoonpanoja ja pienen menekin kuukausina valmistettavia osakokoonpanoja on vain vähän tai ei ollenkaan. Jotta kapasiteetti voitaisiin pitää tasaisesti kuormitettuna ja materiaalivirta tasaisena, tarvitaan puskurivarastoja. Niitä voitaisiin täydentää pienen menekin aikoina, ja suuren menekin aikoina niistä voidaan ottaa käyttöön valmiita osakokoonpanoja sen sijaan, että kaikki osakokoonpanot valmistettaisiin suoraan tilaukselle. Puskurivarastojen luominen on mahdollista kuitenkin vain vakioille osakokoonpanoille. Vakiot osakokoonpanot ovat samanlaisia riippumatta asiakkaan tilauksesta, ja niitä käytetään samanlaisina kaikkiin tilauksiin. Niissä ei ole varioituvia osia, joten niitä voidaan varastoida ja niille voidaan luoda kanbanin avulla ohjattava imuohjauspuskurivarasto runkosoluun ja loppukokoonpanoon. Työssä selvitettiin, mitkä osakokoonpanoista ovat vakioita. Valintaprosessi esitetään työn luvussa 5.5.

Työssä pohdittavat ratkaisut jakaantuvat kuvan 4 mukaisesti. Varioituville osakokoonpanoille valmistus suoraan tilaukselle on sopivin ohjausvaihtoehto. Vakio-osakokoonpanot voidaan valmistaa tilaukselle, mutta niitä voidaan valmistaa myös imuohjauksen avulla imuohjauspuskuriin. Puskurivarastosta on hyötyä silloin, kun menekki on suurta. Menekin ruuhkahuippujen aikana ei tarvitsisi tehdä kerralla suurta määrää osakokoonpanoja. Tällöin voitaisiin ottaa osakokoonpanoja tuotannon tarpeisiin puskurista, ja jos puskur ei riitä, loput tehtäisiin tilauksille. Tällainen menetelmä sopii vain vakioille osakokoonpanoille, joita voidaan varastoida. Koska osakokoonpanojen kysyntä on vaihtelevaa, puskuireilla voidaan tasoittaa kysynnän vaihtelun vaikutuksia ja taata, että työntekijöillä on tasaisesti töitä koko vuoden. Puskurit tuovat myös varmuutta, koska valmiita osakokoonpanoja olisi paremmin saatavilla seuraavien vaiheiden niitä tarvitessa. Jos imuohjauspuskureiden ohjaus toteutetaan kanbanin avulla, se selkeyttää osakokoonpanojen ohjausta tuotantoon.

Osakokoonpano	
Varioituva	Vakio
Rakenne varioituu tilausten mukaan	Rakenne samanlainen tilauksesta riippumatta
	
Ohjausmenetelmä	
Valmistus suoraan tilaukselle	Valmistus suoraan tilaukselle
	Imuohjauspuskuri ja kanbanin soveltaminen

Kuva 4. Osakokoonpanojen ohjausmenetelmät.

Vakioita osakokoonpanoja kuluu jatkuvasti vuositasolla, mutta niiden kysyntä vaihtelee eri kuukausina ja vuodenaikoina. Riskinä on menekin suuri vaihtelu kuukausittain ja se, ettei tulevaa menekkiä voida varmasti tietää, minkä takia puskuritason suunnittelu on vaikeaa. Puskurivarasto täytyy pyrkiä määrittelemään sopivan kokoiseksi, että se ei olisi liian suuri eikä liian pieni. Tarkoituksena olisi JIT-periaatteen mukaan, että tuotteita olisi juuri tarpeeseen oikea määrä.

5 Kanban puskurivarastojen ohjausjärjestelmänä

Vakio-osakokoonpanojen ohjauksessa voitaisiin hyödyntää imuohjausta, ja imuohjauksen vaatimien puskurivarastojen ohjausjärjestelmänä voitaisiin käyttää kanbania. Täytyy luoda imuohjauspuskurivarasto, jonka avulla imuohjaus toteutetaan. Valmistusimpulssit välitetään osakokoonpanoon kanban-korttien avulla. Standardeja osakokoonpanoja, joita menee samanlaisina useisiin tilauksiin, valmistettaisiin imuohjauspuskureihin. Työssä on myöhemmin määritelty nämä osakokoonpanot, jotka voitaisiin ottaa imuohjauspuskuriin. Luotua puskuria täydennettäisiin kanban-korttien avulla imuohjauksella kulutuksen mukaan niin, etteivät tavarat pääse loppumaan puskurista. Ohjauksen optimointi tehdään vähentämällä hiljalleen kanban-korttien määrää ja pienentämällä niiden määrittelemiä eräkoja.

Imuohjausjärjestelmässä rungon valmistuksen ja loppukokoonpanon tarve ohjaa osakokoonpanojen valmistusta. Valmiit osakokoonpanot menevät tuotantoprosessin seuraaville vaiheille eli loppukokoonpanoon ja rungon valmistukseen. Voidaan ajatella, että suora tarve osakokoonpanojen valmistamiselle tulisi siis osakokoonpanoja hyödyntävästä vaiheesta eli rungon valmistuksesta tai loppukokoonpanosta. Imuohjauksessa valmistusimpulssi saadaan oman tuotantojärjestelmän sisältä, sillä valmistusimpulssin aiheuttavat varaston määrät ja seuraava työvaihe. Osakokoonpanoja imetään rungon valmistukseen ja loppukokoonpanoon vain välittömän tarpeen verran. Sovellettaessa imuohjausta informaatio tarvittavasta valmistuksesta etenee osakokoonpanoa seuraavista vaiheista osakokoonpanoon päin eli lopusta alkuun päin. Tämä varmistaa, että valmistetaan vain todellisen välittömän tarpeen verran.

Jos kanban otetaan käyttöön, rungon valmistus ja loppukokoonpano saisivat tarvitsemansa valmiit osakokoonpanot haettua heti hyllystä aina tarpeen mukaan. Osakokoonpanossa valmistuksen kuorma tasoittuu vuodelle tasaisemmin, kun osakokoonpanoja tehdään jatkuvasti täytettäessä imuohjauspuskureita. Tuotanto voi toimia tasaisesti, vaikka kysynnässä olisi vaihteluita. Tuotteita voidaan tehdä hiljaisina hetkinä varastoon, josta niitä voidaan ottaa käyttöön kysyntäpiikin esiintyessä.

5.1 Puskuritasojen suunnittelu

Imuohjaus ja kanban eivät perustu menekin ennustamiseen, kuten perinteiset työntöohjausmenetelmät. Kanban on imuohjausmenetelmä, joka perustuu välittömään tarpeeseen ja Just in time -toimintaperiaatteeseen. Tuotteita valmistetaan ainoastaan todellisen välittömän tarpeen verran. Puskurin täydennysimpulssien tulee kanbanissa perustua todelliseen kulutukseen. Imuohjauksen tarkoituksena on, että valmistetaan vain sen verran, kuin varmasti kulutetaan. Kanbanin avulla voidaan pitää keskeneräisen tuotannon määrä halutuissa rajoissa. Näin vähennetään hukkaa, sillä ei tehdä sellaisia osakokoonpanoja varastoon, joita ei välttämättä kuluteta. Imuohjaus soveltuu hyvin vakio-osille ja materiaaleille, joilla on tasainen menekki. Osakokoonpanojen tuotannon määrä kuitenkin vaihtelee kuukausikohtaisesti, minkä takia imuohjauspuskuritasojen määrittäminen on haastavaa. Siksi valittujen määrien sopivuutta täytyy seurata, ja puskurin määriä täytyy korjata tilanteen vaatiessa vastaamaan tarvetta.

Kanbanin ideana ei siis ole perustua menekin ennustamiseen, vaan imuohjauksessa valmistetaan tuotetta aina tarpeeseen. Jotta tämä toteutuisi täydellisesti, imuohjaus voitaisiin toteuttaa esimerkiksi niin, että tuotannon seuraava vaihe ilmoittaisi osakokoonpanojen valmistukselle päivä- tai viikkotasolla, mitä osakokoonpanoja ja kuinka paljon se tarvitsee esimerkiksi muutaman kuukauden päästä. Tarpeet ilmoitettaisiin aina mahdollisimman aikaisin eli heti, kun ne varmistuvat. Näin valmistusimpulssit vastaisivat aina juuri tarvittavaa määrää, ja osakokoonpanoja valmistettaisiin puskuriin juuri tämän tarpeen verran. Ei siis tehtäisi varastoon turhaan mitään, mikä tarkoittaa, ettei pääomaakaan sitoutuisi keskeneräiseen tuotantoon turhaan. Varastointiin liittyy aina riski, että varastoon tehdyt osakokoonpanot seisovat varastossa pitkän aikaa tai eivät koskaan mene käytettäväksi tilauksiin. Lisäksi on myös mahdollista, että osakokoonpanot uudistuvat ja niistä tulee uusia malleja. Jos tällaisia vanhanmallisia osakokoonpanoja on paljon varastossa, vanhat varastossa olevat menevät hävitettäväksi, mikä myös aiheuttaa kustannuksia.

Jos halutaan pitää kanban-määrät todellista välitöntä tarvetta vastaavina, voitaisiin puskurien vaatimat määrät luoda vasta, kun tilaukset ovat tiedossa ja tiedetään todellinen osakokoonpanojen tarve. Todennäköinen toimintatapa on kuitenkin ennusteen perusteella määrittää kanbanin puskurivarastolle sopiva taso. Täytyy ennustaa osakokoonpanojen menekkiä, minkä mukaan puskurin vaatimat määrät

voidaan laskea. Tämä on kuitenkin hieman imuohjausperiaatetta vastaan, sillä ennusteet eivät välttämättä tarkoita todellista välitöntä tarvetta. Näin voidaan kuitenkin luoda kanbanin tapainen järjestelmä, joka sopisi kohdeyrityksen tarpeisiin, vaikka se ei noudata imuohjausta täydellisesti.

Ennuste ei kuitenkaan välttämättä toteudu, mikä tarkoittaa sitä, että luotu puskuri voi olla liian iso tai pieni. Kanbanin tarkoituksena on rajoittaa keskeneräistä tuotantoa, eikä tarkoituksena ole varastoida turhan paljon tavaraa, sillä se sitoo pääomaa. Keskeneräistä tuotantoa tulisi olla mahdollisimman vähän, mutta kuitenkin riittävästi kattamaan epätasainen menekki. Puskurin suuruudelle täytyy löytää optimitaso. Kanbanin imuohjauspuskurit on työssä laskettu osakokoonpanoille eri palvelutasoilla, ja kanban-määrien laskenta esitellään työssä luvussa 5.3.

5.2 Toiminta käytännössä

Kanban toimisi visuaalisena ja selkeänä puskurivarastojen ohjausjärjestelmänä. Sen tarkoituksena on välittää tietoa osakokoonpanojen oikea-aikaisesta ja -määräisestä valmistuksesta osakokoonpanojen valmistuksen ja rungon valmistuksen sekä loppukokoonpanon kesken. Se kertoo, mitä pitää valmistaa, milloin ja kuinka suurissa erissä. Käytännössä imuohjauksen toteutus kanbanin avulla tarkoittaa, että imuohjauspuskurista kulutetaan puskuriin varastoituja osakokoonpanoja, mistä syntyy tarve osakokoonpanojen valmistukseen. Valmistus aloitetaan näiden tarpeiden mukaisesti, ja valmiit osakokoonpanot viedään rungon valmistuksen tai loppukokoonpanon puskuriin sen perusteella, kummasta tarve tulee. Tarve ilmaistaan kanban-korteilla, joissa on ilmoitettuna ainakin valmistettava osakokoonpano, valmistettava määrä ja paikka, mihin osakokoonpano varastoidaan eli runkosolu tai loppukokoonpano.

Kun osakokoonpanot ovat valmiita, ne viedään siis loppukokoonpanon tai rungon valmistuksen hyllyyn. Hyllyssä olisi aina tietylle osakokoonpanolle rajattuna paikat esimerkiksi teipillä. Toinen vaihtoehto on ajatella osakokoonpanoja pakattavan esimerkiksi laatikkoon, joka viedään hyllyyn. Kanban-kortit liimataan hyllyyn oikean osakokoonpanon hyllypaikan tai laatikon päälle. Kanban-kortissa on määritetty oikea varastointipaikka kullekin osakokoonpanolle. Kanban-järjestelmässä osakokoonpanoja tehdään tietyn suuruisen erän seteissä. Työssä valittiin osakokoonpanoille settien määräksi kaksi. Yksi setti sijoitetaan aina yhteen laatikkoon tai hyllyruutuun.

Osakokoonpanolle määritetään työssä kanban-setin erä koko eli paljonko yhteen hyllyruutuun tai laatikkoon varastoidaan ja tehdään kerralla osakokoonpanoja. Tämä valmistuserä koko ilmoitetaan myös kanban-kortissa.

Tuotannossa käytössä on siis aina yksi setti kerrallaan ja toinen setti odottaa hyllyssä. Kun käytössä oleva setti eli tietynkokoinen erä on loppunut, kanban-kortti viedään osakokoonpanoon, jossa tiedetään, että täytyy valmistaa saman verran lisää kyseistä osakokoonpanoa. Täydennyksen aikana käyttöön otetaan toinen hyllyssä oleva setti. Sen täytyy riittää täydennyksen eli setin osakokoonpanojen valmistuksen ajan, eli siihen asti, kun uusi setti saapuu hyllyyn. Toimintamallissa oletetaan, että osakokoonpanon valmistamiseen tarvittavia osia on varastossa, jotta valmistaminen voidaan aloittaa heti.

Jos kanban settien-määrä on kaksi, osakokoonpanoa varastoidaan kahteen hyllyruutuun tai laatikkoon. Jos osakokoonpanoa tehdään esimerkiksi viiden kappaleen erissä, yhdessä varastoruudussa tai laatikossa on aina viisi kappaletta kyseistä osakokoonpanoa. Yksi viiden kappaleen erän setti käytetään kerrallaan. Kun nämä viisi osakokoonpanoa on kulutettu, se aiheuttaa uuden viiden kappaleen täydennystilauksen. Kun hyllyssä oleva ruutu tai laatikko eli yksi setti on käytetty, kortti viedään osakokoonpanoon, jossa kortin määrittelemän tuotantoerän valmistus aloitetaan. Täydennyksen aikana voidaan ottaa käyttöön hyllyssä oleva toinen viiden kappaleen erän setti. Kun osakokoonpanot ovat valmiit, ne viedään hyllyyn ja kortti liimataan hyllyyn tai laatikon kylkeen. Puskuri ei ehdi tyhjentyä tuotantomäärien vaihdellessa, koska kanbaneita on kierrossa tarpeeksi monta. Menekin muuttuessa täytyy korttien määrää ja eräkoko muuttaa.

5.3 Kanban-määrien laskenta

Työssä valittiin kanban-ohjaus toteutettavaksi kahden hyllypaikan eli kahden setin avulla. Osakokoonpanojen keskimääräinen menekki ei ole kovin suuri, joten kaksi hyllypaikkaa on siksi sopiva määrä ohjauksen toteuttamiselle. Näin toiminta on selkeää ja valmistuserät pysyvät järkevän kokoisina. Kun valittu settimäärä oli tiedossa, täytyi määrittää hyllypaikoille tulevat osakokoonpanojen määrät eli imuohjauspuskurivaraston koko. Kanban-määrien laskentaan käytettiin kaavaa 1.

$$\# \text{ Kanban} = ((AD * RT) + (SF * SD))/SCQ \quad (1)$$

Kanban on settien määrä

AD on keskimääräinen kysyntä

RT on täydennysaika

SF on Z-tekijä, eli varmuuskerroin

SD on kysynnän keskihajonta

SCQ on yhden hyllypaikan sisältämä osakokoonpanojen määrä.

Valituille vakio-osakokoonpanoille laskettiin kuukausittainen menekki 15 kokonaisen kuukauden ajalta. Kaavassa muuttuja AD tarkoittaa kuukauden keskimääräistä kysyntää. Se saatiin laskemalla 15 kuukauden tarkasteluajalta selvitetystä kuukausien menekeistä keskiarvo. Jos menekin oletetaan olevan samanlaista, voidaan kysynnän keskiarvoa tältä ajalta käyttää keskimääräisenä menekkinä kaavassa. RT tarkoittaa täydennysaikaa, jona käytettiin osakokoonpanon valmistukseen kuluvaan aikaan. Toimintamallissa oletetaan, että valmistukseen tarvittavia osia on varastossa, jotta valmistaminen voidaan aloittaa heti. Jos osat tulevat ulkoisesta varastosta, täytyy täydennysajassa ottaa huomioon ulkoisen varaston toimitusaikataulu. Jos osat tulevat ulkoisesta varastosta, täydennysaika kasvaa. Tuntimääräiset valmistusajat on muutettu kuukausitasoa vastaaviksi, sillä kysyntäkin on kuukausitasolla ilmoitettu.

Laskentakaavassa muuttuja SF tarkoittaa Z-tekijää eli haluttua palvelutasoa. Työssä laskettiin kanban-määrät 95, 97, 98 ja 99 prosentin palvelutasolla. Taulukosta 1 nähdään haluttua palvelutasoa vastaavat varmuuskertoimet. Esimerkiksi varmuuskerroin 1,64 tarkoittaa, että 95 prosentin varmuudella puskurivarasto riittää kattamaan tarpeen. On kuitenkin viiden prosentin mahdollisuus, että varasto ei riitä kattamaan tarvetta.

Taulukko1. Palvelutaso ja sitä vastaava varmuuskerroin (Sakki 2009: 122).

haluttu varmuus	50 %	75 %	90 %	95 %	97 %	98 %	99 %	99,5 %	99,9 %	99,99 %
varmuuskerroin	0	0,67	1,28	1,64	1,88	2,05	2,33	2,57	3,09	3,72

Kaavassa muuttuja SD tarkoittaa kysynnän keskihajontaa, joka laskettiin tarkasteluajan kuukauden menekeistä. Se on hyvä ottaa huomioon, sillä menekki ei ole tasaista laskenta-ajalla. Kaavan muuttuja SCQ tarkoittaa yhden hyllypaikan sisältämää osakokoonpanojen määrää. Koska hyllypaikkojen määrä päätettiin kahdeksi, tarkoituksena oli laskea SCQ jokaiselle osakokoonpanolle. Se kertoo, paljonko yhdelle hyllypaikalle sijoitetaan osakokoonpanoja, ja kokonaispuskurin koko on kaksi kertaa tämä määrä. Kanbanien laskentakaava muotoiltiin seuraavanlaiseen muotoon, jotta saatiin SCQ laskettua:

$$SCQ = ((AD * RT) + (SF * SD)) / \# \text{ Kanban.} \quad (2)$$

Kun osakokoonpanoille saatiin laskettua yhteen hyllypaikkaan sijoitettava määrä, pystyttiin laskemaan osakokoonpanon puskurivaraston taso. Koska hyllypaikkoja on kaksi, yhden hyllypaikan määrä kerrottiin kahdella, jolloin saatiin tietää koko puskurivaraston koko jokaiselle osakokoonpanolle. Osakokoonpanolle laskettiin saaduilla puskuritasoilla myös varaston kierto. Puskurivarastojen mitoituksessa on otettava huomioon haluttu palvelutaso. Tavoitteena on saavuttaa riittävän hyvä palvelutaso mahdollisimman pienillä kustannuksilla. 95 prosentin palvelutasolla osakokoonpanojen varaston kierto keskimäärin oli vaihtoehtoista korkein, eli varasto kiertää vuodessa parhaiten 95 prosentin palvelutasoa vastaavilla puskurin määrillä. Silloin keskeneräistä tuotantoa on vähemmän kuin korkeammilla palvelutasoilla, ja sen sitomat kustannukset ovat lasketuista palvelutasovaihtoehtoista alhaisimmat. Siksi 95 prosentin palvelutasoa pidettiin työssä osakokoonpanoille valittujen puskurimäärien laskennan perustana.

Palvelutaso kertoo toimituskyvystä eli siitä, kuinka hyvin tuotannon tarpeeseen pystytään vastaamaan eli kuinka paljon osakokoonpanoja on varastoituna ja käytettävissä rungon tai loppukokoonpanon tarpeisiin. Osakokoonpanojen varastoiminen tarkoittaa, että osakokoonpanot ovat paremmin tuotannon saatavilla, mutta se nostaa varastointikustannuksia ja sidotun pääoman kustannuksia. Palvelutason parantaminen merkitsee kustannusten nousemista, minkä takia palvelutasoa on mietittävä tarkkaan. Puskureiden palvelutasoksi valittiin 95 prosenttia, mutta yksittäisten osakokoonpanojen kohdalla palvelutasoa muutettiin vastaamaan paremmin kulutuksen piikkejä.

Kanbanin laskentakaavalla saatiin 95 prosentin palvelutasolle puskureiden kappalemäärät laskettua, mutta muutamalla osakokoonpanolla puskurin määriä muutettiin kaavan avulla saaduista luvuista osakokoonpanokohtaisesti, jotta ne kattaisivat menekin piikkejä paremmin. Puskuria on siis nostettu muutaman osakokoonpanon kohdalla 95 prosentin palvelutasolla saaduista puskuritason arvoista, jotta voidaan kattaa useamman kuukauden kysyntä. Tavoitteena on, että puskurit kattaisi kattamaan suurimman osan kysyntäpiikeistä. Jäljelle jäisi vain 1–2 kuukautta, joiden kysyntää ei voida kattaa. Näiden kuukausien kysynnot ovat yksittäisiä korkeita piikkejä verrattuna keskimääräiseen kysyntään, minkä takia puskurin kokoa ei kannata nostaa niin suureksi. Ei ole kannattavaa pitää yhden korkean piikin takia niin suurta määrää varastossa, jos menekki muina kuukausina on huomattavasti vähäisempää. Pienempimenekkisten kuukausien kohdalla puskurit olisi tällöin liian iso ja siihen sitoutuisi turhan paljon pääomaa.

Puskurivaraston tasoa päätettäessä täytyy siis ottaa huomioon menekin keskiarvon lisäksi vuoden aikana esiintyvät suuret menekkipiikit. Menekin keskiarvo on järkevä lähtökohta puskurin määrittämiselle, koska se kertoo, millaista menekki keskimäärin on. Kun puskurivarasto määritetään keskimääräisen menekin tasoiseksi, ei varastoida turhan suurta määrää osakokoonpanoja. Tämä on järkevää, koska tulevaa menekkiä ei tarkkaan voida tietää ja osakokoonpanojen varastointiin sitoutunut pääoma voidaan pitää näin kohtuullisena. Täytyy kuitenkin tarkastella menekkiä kuukausittain ja kiinnittää huomioita piikkeihin, sillä puskurin tulisi riittää myös näinä suuremman menekin aikoina.

Ongelmana puskurin määrittämisessä oli menekin epätasaisuus eri kuukausina. Menekki vaihtelee suuresti kuukausittain, ja menekissä esiintyy korkeita yksittäisiä piikkejä. Siksi jokaiselle osakokoonpanolle määritettiin sellainen puskuritaso, että se kattaisi kysynnän tarpeeksi hyvin mutta varasto ei olisi kuitenkaan liian suuri, jotta keskeneräisen tuotannon määrä pysyisi järkevän kokoisena. Niinä aikoina, kun kysyntä on äkkiseltään suuri ja puskuri ei riitä, täytyy osa valmistaa suoraan tilaukselle. Nykytilanteeseen verrattua osakokoonpanojen valmistamisen kuormaa saadaan kuitenkin tasoitettua eikä kaikkia osakokoonpanoja tarvitse tehdä tilaukselle.

Yksittäisten osakokoonpanojen puskurin tason muuttaminen

Osakokoonpano 1 on suurimenekkinen kanbaniin valikoitu osakokoonpano. Laskentakaava antoi osakokoonpanolle 95 prosentin palvelutasolla puskurin tasoksi 22 kappaletta, mutta kuuden kuukauden kohdalla menekki on suurempi kuin tämä puskurin taso. Koska osakokoonpano 1:en menekki on valituista osakokoonpanoista suurin eli sillä on eniten kulutusta, sille voidaan soveltaa 99 prosentin palvelutasovaatimusta. Tällöin puskurin tasoksi saadaan 30 kappaletta ja kattamatta jäisi vain kahden kuukauden kysyntä. 30 kappaleen puskurilla varaston kierto on 7,3 eli hyvä, joten puskuri voidaan nostaa tähän arvoon. Osakokoonpanoille laskettiin myös, paljonko niiden varastoinnista aiheutuu sidotun pääoman kustannuksia. Vaikka osakokoonpano 1:een sitoutuu keskeneräisenä tuotantona keskiarvoa enemmän pääomaa, on puskurin nostaminen kannattavaa, koska osakokoonpanolla on suhteellisen paljon menekkiä verrattuna muihin osakokoonpanoihin ja sen palvelutaso on siksi hyvä pitää korkeana.

Osakokoonpano 2:lle laskentakaava antoi 95 prosentin palvelutasolla puskurin määräksi 28 kappaletta. Tätä määrää voidaan kuitenkin alentaa, koska osakokoonpanon menekissä on vain yhden kuukauden kohdalla piikki, johon puskuri ei kuitenkaan riitä. Se on yksittäinen suuri arvo, minkä takia puskuria ei kannata pitää niin suurena. Puskurin tasoa voidaan laskea 20:een kappaleeseen, jolloin se kattaa kaikkien muiden kuukausien menekit. Varaston kiertokin parantuu arvosta 4 arvoon 5,6.

Osakokoonpano 6:n puskurin tasoksi saatiin 95 prosentin palvelutasolla 8 kappaletta. Tämäntasoisella puskurilla jäisi kattamatta kolmen kuukauden menekki, sillä kolmen eri kuukauden kohdalla menekki on suurempi kuin puskurin taso. Jos taso muutetaan

vastaamaan 99 prosentin palvelutasoa eli 12 kappaleeksi, kattamatta jäisi vain yhden kuukauden menekki. Siksi puskuria kannattaa nostaa. Varaston kiertokin pysyy yli seitsemänä, mikä on riittävän hyvä taso.

Osakokoonpano 10:lle saatiin puskurin tasoksi 95 prosentin palvelutasolla 10 kappaleetta, mutta kolmen kuukauden kohdalla menekki on suurempi kuin puskurin taso. Jos puskurin määrätään 98 prosentin palvelutasoa vastaavaksi eli 12 kappaleeksi, jäisi kattamatta vain yhden kuukauden kysyntä. Siksi puskurin taso on nostettu 12 kappaleeseen. Osakokoonpano 11:n puskurin tasoa on nostettu 10 kappaleesta 12 kappaleeseen vastaamaan 97 prosentin palvelutasoa, jotta voidaan kattaa useamman kuukauden menekki. Myös osakokoonpano 13:n puskurin tasoa nostettiin 6 kappaleesta 8 kappaleeseen, jotta pystytään kattamaan useamman kuukauden menekki. Muutosten jälkeen puskuureilla pystytään paremmin kattamaan kysyntäpiikkejä. Näillä puskurin arvoilla koko varaston yhteiskierto olisi keskimäärin 6,3 eli hyvä, joten nämä arvot valikoituivat osakokoonpanojen kanbanin puskurimääriksi. Muille osakokoonpanoille valittiin palvelutasoa 95 vastaavat puskurin määrät, sillä niillä voidaan kattaa kysyntä riittävän hyvin.

Kuvassa 5 näkyvät osakokoonpanoille valitut puskurin koot ja kanban-eräkoot. Puskurille laskettu varaston kierto näkyy myös kuvassa. Ohjausjärjestelmän toimintaa ja puskurien määrän sopivuutta täytyy seurata ajan kuluessa. Määriä voidaan muuttaa sopivimmaksi kun tiedetään, ovatko ne olleet riittävät. Puskurivarastot voidaan ottaa aluksi käyttöön ehdotetuilla määrillä ja ajan kuluessa seurata järjestelmän toimintaa ja korjata määriä tarvittaessa.

OSAKOKOONPANO	PUSKURIN KOKO	KANBAN ERÄKO	VARASTON KIERTO
Osakokoonpano 1	30	15	7,3
Osakokoonpano 2	20	10	5,6
Osakokoonpano 3	14	7	7,8
Osakokoonpano 4	16	8	6,8
Osakokoonpano 5	16	8	6,8
Osakokoonpano 6	12	6	7,3
Osakokoonpano 7	14	7	5,3
Osakokoonpano 8	12	6	6,0
Osakokoonpano 9	12	6	5,6
Osakokoonpano 10	12	6	5,6
Osakokoonpano 11	12	6	5,5
Osakokoonpano 12	10	5	6,6
Osakokoonpano 13	8	4	5,4
Osakokoonpano 14	6	3	6,8
			6,3
			Keskimäärin

Kuva 5. Kanbanin imuohjauspuskurin suuruudet.

Työssä selvitettiin myös valmiiden osakokoonpanojen puskurivarastohyllyn sijainti jokaiselle osakokoonpanolle. Hyllyn sijaintipaikka määräytyy sen mukaan, tuleeko tarve rungon valmistuksesta vai loppukokoonpanosta. Jos osakokoonpanon tarve tulee rungon valmistuksesta, se varastoidaan hyllyyn runkosoluun. Jos tarve tulee loppukokoonpanosta, osakokoonpano varastoidaan loppukokoonpanoon hyllyyn. Varastointipaikan sijainnit osakokoonpanoittain näkyvät kuvassa 6.

OSAKOKOONPANO	PUSKURIVARASTON SIJAINTI
Osakokoonpano 1	Rungon valmistus
Osakokoonpano 2	Loppukokoonpano
Osakokoonpano 3	Rungon valmistus
Osakokoonpano 4	Rungon valmistus
Osakokoonpano 5	Rungon valmistus
Osakokoonpano 6	Rungon valmistus
Osakokoonpano 7	Loppukokoonpano
Osakokoonpano 8	Loppukokoonpano
Osakokoonpano 9	Rungon valmistus
Osakokoonpano 10	Rungon valmistus
Osakokoonpano 11	Loppukokoonpano
Osakokoonpano 12	Loppukokoonpano
Osakokoonpano 13	Rungon valmistus
Osakokoonpano 14	Rungon valmistus

Kuva 6. Puskurivaraston sijainti.

5.4 Keskeneräisen tuotannon sitoma pääoma

Jos osakokoonpanoja valmistetaan puskuriin, se tarkoittaa, että osakokoonpanoja täytyy varastoida. Osakokoonpanot ovat keskeneräistä tuotantoa, ja keskeneräinen tuotanto sitoo pääomaa. Osakokoonpanojen varastointitila ja niiden valmistamiseen ja materiaaleihin sitoutunut pääoma aiheuttavat kustannuksia. Siksi varastopuskureiden keskeneräisen tuotannon sitoman pääoman kustannuksia on hyvä tarkastella. Keskeneräisen tuotannon sitoman pääoman laskemiseksi työssä selvitettiin, paljonko osakokoonpanojen valmistaminen ja tarvittavat materiaalit sitovat pääomaa. Selvitetiin myös, minkälaiset ovat osakokoonpanojen varastoinnin tilakustannukset. Seuraavaksi kuvataan, miten nämä kustannukset laskettiin. Työssä tutkittiin, paljonko osakokoonpanot sitovat pääomaa keskeneräisenä tuotantona eri kanban-puskurin määrillä. Lisäksi laskettiin, kuinka suuri pääoma osakokoonpanojen puskuireihin sitoutuu valituilla puskurimäärillä.

Varastointitilan kustannukset

Jokaisen kanban-ohjaukseen valitun osakokoonpanon mitat selvitettiin, jotta pystyttiin laskemaan niiden viemä tila varastossa. Osakokoonpanojen mitat eli leveys ja korkeus selvitettiin haastattelemalla laatutiimin jäsentä. Varastointitila ilmoitettiin neliömetreinä. Kohdeyksikössä varastointikustannukset neliömetriä kohden kuussa ovat 7 euroa. Yhden kappaleen kuukausittaiset varastointitilan kustannukset (kuva 7) saatiin kertomalla osakokoonpanon viemä varastotila tilakustannuksella.

OSAKOKOONPANO	LEVEYS X KORKEUS (mm)	VARASTOINTITILA (m ²)	TILAKUSTANNUS/m ²	TILAKUSTANNUS/kpl
Osakokoonpano 1	200 x 300	0,06	7,00 €	0,42 €
Osakokoonpano 2	100 x 100	0,01	7,00 €	0,07 €
Osakokoonpano 3	200 x 300	0,06	7,00 €	0,42 €
Osakokoonpano 4	200 x 800	0,16	7,00 €	1,12 €
Osakokoonpano 5	250 x 500	0,13	7,00 €	0,88 €
Osakokoonpano 6	200 x 300	0,06	7,00 €	0,42 €
Osakokoonpano 7	100 x 200	0,02	7,00 €	0,14 €
Osakokoonpano 8	330 x 450	0,15	7,00 €	1,04 €
Osakokoonpano 9	450 x 450	0,20	7,00 €	1,42 €
Osakokoonpano 10	200 x 200	0,04	7,00 €	0,28 €
Osakokoonpano 11	330 x 350	0,12	7,00 €	0,81 €
Osakokoonpano 12	300 x 200	0,06	7,00 €	0,42 €
Osakokoonpano 13	200 x 500	0,10	7,00 €	0,70 €
Osakokoonpano 14	100 x 100	0,01	7,00 €	0,07 €

Kuva 7. Yhden kappaleen aiheuttamat kuukausittaiset varastotilakustannukset.

Osakokoonpanojen puskureiden aiheuttamat kuukausittaiset varastotilan kustannukset laskettiin kertomalla puskurin määrä yhden kappaleen kuukausittaisella tilakustannuksella. Kuvassa 8 näkyy jokaisen osakokoonpanon puskurin aiheuttamat varastotilakustannukset kuussa.

Osakokoonpano	Puskuri yhteensä kpl	Tilakustannus/kpl	Puskurin tilakustannus
Osakokoonpano 1	30	0,42 €	12,60 €
Osakokoonpano 2	20	0,07 €	1,40 €
Osakokoonpano 3	14	0,42 €	5,88 €
Osakokoonpano 4	16	1,12 €	17,92 €
Osakokoonpano 5	16	0,88 €	14,00 €
Osakokoonpano 6	12	0,42 €	5,04 €
Osakokoonpano 7	14	0,14 €	1,96 €
Osakokoonpano 8	12	1,04 €	12,47 €
Osakokoonpano 9	12	1,42 €	17,01 €
Osakokoonpano 10	12	0,28 €	3,36 €
Osakokoonpano 11	12	0,81 €	9,70 €
Osakokoonpano 12	10	0,42 €	4,20 €
Osakokoonpano 13	8	0,70 €	5,60 €
Osakokoonpano 14	6	0,07 €	0,42 €

Kuva 8. Puskureiden aiheuttamat kuukausittaiset varastotilakustannukset.

Materiaalien kustannukset

Osakokoonpanon materiaalikustannukset muodostuvat sen sisältämien eri osien kustannusten summasta. Kaikkien vakio-osakokoonpanojen osille haettiin hinnat toiminnanohjausjärjestelmästä. Osakokoonpanoihin menevien osien määrät kerrottiin osien hinnoilla. Esimerkkinä on Osakokoonpano 1, jonka sisältämät osat ja niiden hinnat näkyvät kuvassa 9.

Osakokoonpano 1			
OSAT	KPL MÄÄRÄ	OSAN HINTA/KPL	OSIEN HINTA
Osa 1	2	15,09 €	30,18 €
Osa 2	1	10,43 €	10,43 €
Osa 3	1	10,43 €	10,43 €
Osa 4	2	3,90 €	7,80 €
Osa 5	2	0,35 €	0,70 €
Osa 6	2	0,11 €	0,22 €
MATERIAALIKUSTANNUS/KPL			59,76 €

Kuva 9. Osakokoonpano 1:n materiaalikustannukset.

Osakokoonpanon materiaalikustannukset ovat yhteensä 59,76 euroa. Samalla tavalla laskettiin materiaalikustannukset kaikille valituille vakio-osakokoonpanoille. Osakokoonpanon koko puskurin aiheuttamat materiaalikustannukset laskettiin kertomalla osakokoonpanon puskurin määrä yhden kappaleen materiaalikustannuksilla. Osakokoonpanojen puskureiden aiheuttamat materiaalikustannukset näkyvät kuvassa 10.

Osakokoonpano	Puskuri yhteensä kpl	Materiaalikustannus/kpl	Puskurin materiaalikustannukset
Osakokoonpano 1	30	59,76 €	1 792,80 €
Osakokoonpano 2	20	13,90 €	278,00 €
Osakokoonpano 3	14	24,38 €	341,32 €
Osakokoonpano 4	16	19,16 €	306,56 €
Osakokoonpano 5	16	13,04 €	208,64 €
Osakokoonpano 6	12	64,23 €	770,76 €
Osakokoonpano 7	14	41,17 €	576,38 €
Osakokoonpano 8	12	153,41 €	1 840,92 €
Osakokoonpano 9	12	83,87 €	1 006,44 €
Osakokoonpano 10	12	52,42 €	629,04 €
Osakokoonpano 11	12	150,26 €	1 803,12 €
Osakokoonpano 12	10	6,90 €	69,00 €
Osakokoonpano 13	8	75,49 €	603,92 €
Osakokoonpano 14	6	13,90 €	83,40 €

Kuva 10. Puskureiden materiaalikustannukset.

Kokoonpanon kustannukset

Työssä selvitettiin jokaisen kanban-ohjaukseen valitun vakio-osakokoonpanon valmistukseen menevä aika haastatteleamalla laatutiimin jäsentä. Kokoonpanon kustannukset saatiin kertomalla kokoonpanoon kuluva aika eli valmistusaika 40 eurolla, joka sisältää riittävän tarkat palkkakustannukset ja sivukulut. Näin saatiin jokaiselle osakokoonpanolle sen kokoonpanosta syntyvät kustannukset, jotka näkyvät kuvassa 11.

OSAKOKOONPANO	VALMISTAMISEEN KULUVA AIKA (h)	KOKOONPANOKUSTANNUS/kpl
Osakokoonpano 1	0,5	20,00 €
Osakokoonpano 2	0,3	12,00 €
Osakokoonpano 3	0,5	20,00 €
Osakokoonpano 4	1	40,00 €
Osakokoonpano 5	1	40,00 €
Osakokoonpano 6	0,5	20,00 €
Osakokoonpano 7	0,5	20,00 €
Osakokoonpano 8	3	120,00 €
Osakokoonpano 9	1,5	60,00 €
Osakokoonpano 10	1	40,00 €
Osakokoonpano 11	3	120,00 €
Osakokoonpano 12	1	40,00 €
Osakokoonpano 13	1	40,00 €
Osakokoonpano 14	0,3	12,00 €

Kuva 11. Osakokoonpanojen kokoonpanokustannukset.

Koska osakokoonpanot ovat puskurissa valmiina tuotteena eli jo kokoonpantuina, niiden kokoonpanoon on sitoutunut pääomaa. Osakokoonpanoille laskettiin myös niiden puspureiden sitomat kokoonpanokustannukset, jotka näkyvät kuvassa 12. Ne saatiin kertomalla osakokoonpanon puskurin määrä yhden kappaleen kokoonpanokustannuksella.

Osakokoonpano	Puskuri yhteensä kpl	Kokoonpanokustannus/kpl	Puskurin kokoonpanokustannukset
Osakokoonpano 1	30	20,00 €	600,00 €
Osakokoonpano 2	20	12,00 €	240,00 €
Osakokoonpano 3	14	20,00 €	280,00 €
Osakokoonpano 4	16	40,00 €	640,00 €
Osakokoonpano 5	16	40,00 €	640,00 €
Osakokoonpano 6	12	20,00 €	240,00 €
Osakokoonpano 7	14	20,00 €	280,00 €
Osakokoonpano 8	12	120,00 €	1 440,00 €
Osakokoonpano 9	12	60,00 €	720,00 €
Osakokoonpano 10	12	40,00 €	480,00 €
Osakokoonpano 11	12	120,00 €	1 440,00 €
Osakokoonpano 12	10	40,00 €	400,00 €
Osakokoonpano 13	8	40,00 €	320,00 €
Osakokoonpano 14	6	12,00 €	72,00 €

Kuva 12. Puspureiden kokoonpanokustannukset.

Kun osakokoonpanot ovat puskurivarastossa, niihin sitoutunut pääoma yhteensä koostuu puskurin sitomista kokoonpanotyön kustannuksista, materiaalikustannuksista ja varastotilan kustannuksista. Työssä tarkasteltiin kuukausitasolla puskureihin sitoutunutta pääomaa (kuva 13).

Osakokoonpano	Puskuri	Puskurin	Puskurin	Puskurin	Sitoutunut pääoma
	yhteensä kpl	kokoonpanokustannukset	materiaalikustannukset	varastotilakustannukset kuussa	yhteensä
Osakokoonpano 1	30	600,00 €	1 792,80 €	12,60 €	2 405,40 €
Osakokoonpano 2	20	240,00 €	278,00 €	1,40 €	519,40 €
Osakokoonpano 3	14	280,00 €	341,32 €	5,88 €	627,20 €
Osakokoonpano 4	16	640,00 €	306,56 €	17,92 €	964,48 €
Osakokoonpano 5	16	640,00 €	208,64 €	14,00 €	862,64 €
Osakokoonpano 6	12	240,00 €	770,76 €	5,04 €	1 015,80 €
Osakokoonpano 7	14	280,00 €	576,38 €	1,96 €	858,34 €
Osakokoonpano 8	12	1 440,00 €	1 840,92 €	12,47 €	3 293,39 €
Osakokoonpano 9	12	720,00 €	1 006,44 €	17,01 €	1 743,45 €
Osakokoonpano 10	12	480,00 €	629,04 €	3,36 €	1 112,40 €
Osakokoonpano 11	12	1 440,00 €	1 803,12 €	9,70 €	3 252,82 €
Osakokoonpano 12	10	400,00 €	69,00 €	4,20 €	473,20 €
Osakokoonpano 13	8	320,00 €	603,92 €	5,60 €	929,52 €
Osakokoonpano 14	6	72,00 €	83,40 €	0,42 €	155,82 €

Kuva 13. Osakokoihin sitoutunut pääoma yhteensä.

5.5 Kanban-ohjaukseen valittujen osakokoonpanojen valintaprosessi

Seuraavaksi työssä käydään läpi kanban-imuohjauksella ohjattaviksi valittujen osakokoonpanojen valintaprosessi. Selvitettiin vakio-osakokoonpanot, koska näiden valittujen vakio-osakokoonpanojen ohjauksessa voitaisiin hyödyntää kanban-ohjausta. Koska valitut osakokoonpanot ovat vakioita, ne ovat samanlaisia aina riippumatta tilauksesta. Siksi niiden varastoiminen puskuriin on järkevää, toisin kuin varioituvien osakokoonpanojen varastointi, sillä niiden rakennetta ei voida etukäteen tietää.

Varioituvien ja vakioiden erottelu

Valintaprosessissa käytiin aluksi läpi kaikki uudemman tuoteperheen osakokoonpanot, ja niistä valikoitiin sellaiset osakokoonpanot, jotka eivät varioidu. Varioituvien ja standardien osakokoonpanojen erottelu tehtiin yhdessä laatuinsinöörin kanssa. Uudempaan tuoteperheeseen kuuluvia osakokoonpanoja on yhteensä monia satoja. Toiminnanohjausjärjestelmästä etsittiin kaikki uudempaan tuoteperheeseen kuuluvat osakokoonpanot, ja niiden kokoonpanopiirustusten perusteella tutkittiin, mitkä ovat varioituvia ja mitkä standardeja. Valinta edellytti kaikkien osakokoonpanojen kokoonpanopiirustusten läpikäyntiä, sillä missään ei ole suoraan määritelty standardeja osakokoonpanoja. Piirustuksia tutkimalla saatiin tietää osakokoonpanon rakenne, ja

sen perusteella voitiin päätellä, onko osakokoonpanossa varioituvia osia eli onko koko osakokoonpano siten varioituva. Osakokoonpano on standardi, jos se ei varioidu. Standardeiksi valikoitui noin sata osakokoonpanoa.

Alustava menekin laskenta ja osakokoonpanojen rajaus

Standardeilla osakokoonpanoilla täytyy olla tarpeeksi kulutusta, jotta kanbanin käyttöönotto osakokoonpanoille olisi järkevää. Siksi täytyi tutkia standardeiksi valittujen osakokoonpanojen menekkiä. Näin saatiin kuva siitä, onko osakokoonpanolla tarpeeksi menekkiä kanban-ohjaukseen otettavaksi. Ei ole kannattavaa ottaa kanbania käyttöön osakokoonpanoille, joiden menekki on hyvin pientä. Tämä tarkoittaisi, että varastoitaisiin sellaisia tuotteita, joilla ei ole menekkiä, ja se sitoisi turhaa pääomaa. On järkevää ottaa kanban-ohjaus käyttöön vain sellaisille osakokoonpanoille, joilla tulee olemaan kysyntää. Vain sellaisia osakokoonpanoja on järkevää pitää keskeneräisenä tuotantona varastossa. Työssä tutkittiin valittujen noin sadan standardiosakokoonpanon menekkiä noin 15 kuukauden ajalta eli 1.1.2015 ja 11.4.2016 väliseltä ajalta. Näin saatiin alustava kuvaus osakokoonpanojen menekistä. Sen perusteella saatiin jaettua osakokoonpanot kulutuksen mukaan ja kuva siitä, millä osakokoonpanoilla on paljon kulutusta ja mitä kulutetaan vähemmän.

Osakokoonpanojen menekkiä ei näe suoraan toiminnanohjausjärjestelmästä. Osakokoonpanojen kokoonpanopiirustuksissa on määritelty osakokoonpanoon viittaava koodi. Osakokoonpanon koodi viittaa kuitenkin ainoastaan piirustukseen, eikä sen perusteella näe järjestelmästä osakokoonpanon menekkiä. Kokoonpanopiirustus kuvaa osakokoonpanon rakennetta ja siihen kuuluvia osia ja osien määriä. Osakokoonpanon menekin selvittäminen vaati jokaisen osakokoonpanon kokoonpanopiirustuksen tutkimista. Tässä prosessissa kokoonpanopiirustuksista valittiin yksi sellainen osa, jota ei menisi muihin osakokoonpanoihin. Yksittäisten osien menekki saatiin selville toiminnanohjausjärjestelmästä. Tämän yksittäisen osan avulla pystyttiin tutkimaan suuntaa-antavasti koko osakokoonpanon kokonaismenekkiiä, koska jos valittua osaa ei käytetä muihin tuotteisiin, sen menekki vastaa koko osakokoonpanon menekkiä. Oikeanlaisten osien valintaprosessi tehtiin yhdessä laatuinsinöörin kanssa.

Kaikki valitut standardiosakokoonpanot ja niiden kokoonpanopiirustukset käytiin läpi, ja niistä valittiin jokaiselle osakokoonpanolle sopivat osat, joiden perusteella menekki pystytettiin laskemaan. Tämän jälkeen järjestelmästä haettiin omalta tehtaalta eli plantilta 0001 valitun osan koodilla menekit 1.1.2015 ja 11.4.2016 väliseltä ajalta kaikille sadalle osakokoonpanolle. Haluttiin saada tietää, paljonko osakokoonpanoja on kulutettu tänä aikana kyseisessä yksikössä. Kun menekit olivat tiedossa tältä 15 kuukauden ajalta, ne muutettiin vastaamaan vuositasoa kertomalla luvut 0,8:lla (12/15).

Kun alustavat menekit olivat tiedossa, osakokoonpanot jaettiin vuosikulutuksen mukaan luokkiin soveltamalla ABC-analyysin periaatetta. Osakokoonpanot jaoteltiin menekin mukaan suuri-, keskisuuri- tai pienimenekkisiin. Osakokoonpanoille laskettiin vuositason menekistä suuntaa-antava viikkomenekki, joka toimi apuna osakokoonpanojen jaottelussa. Viikkomenekin laskeminen suoraan vuosimenekin kokonaisarvosta ei anna todellista kuvaa viikkomenekistä, sillä se vaihtelee viikoittain. Siitä saa kuitenkin suuntaa antavan kuvan viikoittaisesta menekistä laskentaa varten. Jos menekki oli vuodessa yli 90 eli viikossa kaksi tai yli kaksi kappaletta, osakokoonpano luokiteltiin suurimenekkiseksi. Jos osakokoonpanon vuosittainen menekki oli yli 40 kappaletta eli viikoittainen menekki on noin yksi kappale, osakokoonpanon menekki luokiteltiin keskisuureksi. Jos vuosimenekki oli alle 40 eli viikoittainen menekki oli alle yhden kappaleen, osakokoonpano luokiteltiin pienimenekkiseksi. Tämä asetettiin rajaksi kanbaniin ottamiselle, sillä näin pienen menekin osakokoonpanot eivät ole kannattavia otettavaksi kanban-ohjaukseen. Kun menekki on pientä, kannattaa pienet määrät tehdä tilaukselle suoraan eikä niitä kannata ohjata kanban-imuohjauksen avulla.

Tämän jälkeen menekkien perusteella valittujen osakokoonpanojen joukosta rajattiin vielä pois harvinaisemmat osakokoonpanot. Tarkoituksena oli löytää sellaiset osakokoonpanot, jotka olisivat yleisiä ja niitä menisi tilauksiin tasaisesti. Valituista suuri- ja keskisuurimenekkisistä osakokoonpanoista karsiutui laatutiimin jäsenen haastattelun perusteella vielä muutamia harvinaisempia osakokoonpanoja pois ja lopullinen valinta koostui 14 osakokoonpanosta. Nämä osakokoonpanot valittiin kanban-ohjaukseen, ja niiden menekkiä tutkittiin vielä tarkemmin.

Tarkempi menekin selvitys valikoiduille osakokoonpanoille

Tiedossa oli valittujen osakokoonpanojen kokonaismenekki 1.1.2015 ja 11.4.2016 väliseltä ajalta, mutta haluttiin saada kuva menekin vaihtelevuudesta kuukausittain. Siksi täytyi laskea osakokoonpanoille kuukausittaiset menekit. Kuukausittainen menekki selvitettiin toiminnanohjausjärjestelmästä. Järjestelmästä laskettiin kaikille 14 osakokoonpanolle niiden vakio-osan perusteella menekki jokaiselle kuukaudelle samalla tavalla kuin menekkien alustavassa selvityksessä, mutta haettu ajanjakso oli nyt kuukausi. Menekki laskettiin 15 kokonaiselle kuukaudelle. Kun kuukausittaiset menekit oli laskettu, piirrettiin menekeistä Excelissä kuvaajat kaikille osakokoonpanoille. Kuvaajista nähtiin, että menekki oli lasketulla ajanjaksolla epätasaista ja vaihteli kuukausittain paljon.

Osakokoonpanojen menekissä on selkeitä piikkejä. Suurin kysyntäpiikki kohdistuu suurimmalla osalla osakokoonpanoista alkuvuoteen. Monella osakokoonpanolla kuukausittainen menekki on lasketulla ajanjaksolla melko pientä, mutta muutamana kuukautena on selkeitä kysyntäpiikkejä. Osakokoonpanon puskurin määrittämisessä tulee huomioida kysyntäpiikit, sillä puskurin tulisi pyrkiä kattamaan osakokoonpanojen menekki mahdollisimman hyvin.

6 Yhteenveto

Insinööriytyössä tutkittiin sähkökaappien osakokoonpanojen ohjausta tuotantoon ja pohdittiin ohjauksen toteuttamiseksi soveltuvia ratkaisuja. Työn tuloksena saatiin kuva kohdeyksikön uudemman tuoteperheen osakokoonpanojen ohjauksesta ja ohjauksen nykytilasta. Työssä pohdittiin osakokoonpanolle sopivaa ohjausratkaisua sen perusteella, onko osakokoonpano vakio vai varioituva. Työssä saatiin eroteltua varioituvista osakokoonpanoista vakio-osakokoonpanot, joille kanban-ohjauksen soveltaminen on mahdollista. Varioituville osakokoonpanoille parhaaksi ohjauskeinoksi valikoitui valmistus suoraan tilaukselle, koska niitä ei varioituvuuden vuoksi voida valmistaa varastoon. Imu- ja työntöohjauksen periaatteita yhdistelemällä saatiin tilaajayksikön olosuhteisiin tarkoituksenmukainen ohjaustyyli osakokoonpanojen materiaalivirrälle. Työntöohjauksen avulla voidaan suunnitella tilauskohtaisesti varioituvien osakokoonpanojen valmistus, ja imuohjausperiaatteella voidaan ohjata valittujen standardien osakokoonpanojen valmistusta.

Työssä jaettiin vakio-osakokoonpanot vuosikulutuksen mukaan luokkiin soveltamalla ABC-analyysin periaatetta. Imuohjausta päätettiin soveltaa valikoiden vain tärkeimpiin suurimman menekin tuotteisiin. Vakio-osakokoonpanot jaettiin kulutuksen mukaan, ja suurimenekkisille osakokoonpanoille kanban-imuohjausjärjestelmä osoittautui sopivaksi ohjausvaihtoehdoksi. Näille valituille vakio-osakokoonpanoille laskettiin kanbanin imuohjauspuskurin määrät. Tutkimukseen ei sisällynyt valitun ohjausmenetelmän käyttöönottoa, mutta ohjausmenetelmä voitaisiin ottaa kohdeyksikössä käyttöön työssä määritellyillä puskurin tasoilla.

Imuohjauspuskurit määritettiin kattamaan keskimääräinen kysyntä. Kysynnässä esiintyy kuitenkin suuria yksittäisiä piikkejä, joista puskurit kattavat suurimman osan. Puskuriin varastoidut osakokoonpanot sitovat pääomaa, minkä takia niiden turhaa varastointia tulee välttää. Työssä pyrittiin luomaan sellainen varaston taso, joka riittäisi kattamaan tuotannon tarpeen ja tasaamaan kysynnän vaihteluita sitomatta turhan paljon pääomaa. Silloin, kun kysynnässä esiintyy suuria piikkejä ja puskurit ei riitä, valmistettaisiin se määrä vakio-osakokoonpanoja suoraan tilaukselle, mitä puskurit ei pysty kattamaan.

Vakio-osakokoonpanoille imuohjauksella täydennettävän puskurivaraston luominen on järkevää menekin vaihteluiden tasoittamiseksi. Sen avulla tuotanto voi toimia tasaisesti, vaikka kysynnässä olisi vaihteluita. Varaston palvelutason parantaminen merkitsee yleensä kustannusten nousemista, minkä takia puskurin palvelutasoa on mietittävä tarkkaan. Puskureiden koko määritettiin 95 prosentin palvelutason perusteella, mutta yksittäisten osakokoonpanojen kohdalla puskureiden kokoa muutettiin vastaamaan paremmin kulutuksen piikkejä. Koko puskurivaraston keskimääräinen kierto on yli 6, mikä on hyvällä tasolla.

Osakokoonpanojen varastoiminen puskuriiin tarkoittaa, että osakokoonpanot ovat paremmin tuotannon saatavilla, mutta se nostaa varastointikustannuksia ja sidotun pääoman kustannuksia, mikä otettiin puskuritasojen määrittämisessä huomioon. Koska toiminnanohjauksen tavoitteet ovat aina jotenkin ristiriidassa keskenään, pyrittiin löytämään jokaisen osakokoonpanon puskurille tilanteeseen nähden optimitaso, jolla kustannukset eivät olisi liian suuret ja saatavuus olisi riittävä.

Työssä määritetyt puskuritasot perustuvat siihen oletukseen, että kysyntä tulee olemaan samanlaista, kuin se laskentaan perustuvalla ajanjaksolla on ollut. Kanban-ohjaukseen valittiin sellaiset osakokoonpanot, joiden kulutus on jatkuvaa ja joita menee yleisesti useisiin tilauksiin. Kuitenkin puskurin määrittäystä varten lasketut keskimääräiset kulutukset perustuvat ennusteeseen ja tiedossa on vain kuva menneistä tapahtumista, eikä tulevaisuus ole aina läheskään samanlainen. Tämän takia todellinen kulutus voi poiketa ennusteesta. On olemassa riski, että puskurin taso ei ole riittävä tai se voi olla liian suuri. Ennustaminen sisältää kuitenkin aina riskin, ettei ennuste toteudu. Jos kanban-ohjaus otetaan käyttöön, toimintaa täytyy seurata ja kanban-määriä voidaan muuttaa tarpeen mukaan.

Työssä laadittiin osakokoonpanojen ohjaukseen sopiva toimintamalli, jota tilaaja voi hyödyntää tai jatkokehittää suunnitellessaan osakokoonpanojen ohjausta. Kanban on yksinkertainen ja selkeä ohjausmenetelmä, koska se perustuu visuaaliseen ohjaukseen. Menetelmän avulla vakio-osakokoonpanoja imetään rungon valmistukseen ja loppukokoonpanoon oikeaan aikaan aina tarpeen mukaan ja täydennystarpeesta kertovat signaalit toteutetaan kanban-korttien avulla. Kanbanin käyttöönotto vakio-osakokoonpanojen imuohjauspuskurivarastojen ohjausmenetelmänä mahdollistaa keskeneräisen tuotannon pitämisen halutulla tasolla.

Kun vakio-osakokoonpanoja valmistetaan imuohjautuvasti puskurivarastoon, voidaan tasoittaa kysynnän vaihtelun vaikutuksia osakokoonpanojen valmistuksessa. Menetelmän avulla tuotanto voi toimia tasaisemmin, vaikka kysynnässä esiintyisi suuriakin vaihteluita. Puskurit ovat tärkeässä asemassa palvelutason ylläpitämiseksi, jotta osakokoonpanoja olisi tuotannon saatavilla aina tarpeen esiintyessä. Imuohjauspuskureiden avulla voidaan kytkeä tuotannon eri vaiheet toisiinsa sujuvasti. Tarkoituksena on saada varastot liitettyä sulavaksi osaksi materiaalien virtaa. Kanban-ohjauksen käyttöönotto parantaisi tehokkuutta, selkeyttäisi materiaalien ohjausta, tasoittaisi materiaalivirtoja ja auttaisi toimimaan joustavammin.

Lähteet

Arnold, J. R. Tony. 1998. Introduction to Materials Management. New Jersey: Prentice Hall.

Haverila, Matti, Uusi-Rauva, Erkki, Kouri, Ilkka, Miettinen, Asko. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacs.

Jacobs, F. Robert, Berry, William L., Whybark, D. Clay, Vollman, Thomas E. 2011. Manufacturing planning and control for supply chain management. New York: McGraw-Hill Companies.

JIT (Just-in-time) ja imuohjaus. 2016. Verkkodokumentti. Logistiikan Maailma. <http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT_%28Just-in-time%29_ja_imuohjaus>. Luettu 1.3.2016.

Krajewski, Lee J., Malhotra, Manoj K., Ritzman, Larry P. 2016. Operations Management. Edinburgh Gate: Pearson Education.

Ritvanen, Virpi, Inkiläinen, Aimo, von Bell, Anders, Santala, Jouko. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi: Suomen Huolintaliikkeiden Liitto ry ja Suomen Osto- ja Logistiikka-yhdistys LOGY ry.

Sakki, Jouni. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta. B2B - Vähemmällä enemmän. Helsinki: Jouni Sakki Oy.

Tilauksesta kokoonpano. 2016. Verkkodokumentti. Logistiikan Maailma. <http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Tilauksesta_kokoonpano_%28ATO%29>. Luettu 16.3.2016.

Tilauksesta suunnittelu. 2016. Verkkodokumentti. Logistiikan Maailma. <http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Tilauksesta_suunnittelu_%28ETO%29>. Luettu 13.3.2016.

Tilauksesta valmistus. 2016. Verkkodokumentti. Logistiikan Maailma. <http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Tilauksesta_valmistus_%28MTO%29>. Luettu 15.3.2016.

Varasto-ohjautuva tuotanto. 2016. Verkkodokumentti. Logistiikan Maailma. <http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Varasto-ohjautuva_tuotanto_%28MTS%29>. Luettu 1.3.2016.

